

IAD Industriearmaturen & Dichtungstechnik

Matériaux d'étanchéité souples : Tests de fuite à l'hélium et à l'hydrogène

PETER ÜBELMESSER, BARBARA MOHAR, ZVONKO MAJCEN



MRC Global

Ihr lokaler Experte für
Industriearmaturen und
Instrumentierung im Anlagenbau
und bei der Instandhaltung.

MRC Global unterstützt Ihre komplexen PVF-Anforderungen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene.

www.mrcglobal.com

infode@mrcglobal.com

Experts You Can Trust

Par définition, le joint d'étanchéité doit être résistant aux fluides à étancher et aux conditions thermomécaniques de l'application. Cette donnée doit être essentielle dans le cas de gaz ou fluide corrosif, dangereux ou facilement inflammable. Les fluides, les solides ou gaz à étancher ne sont pas suffisamment mis en avant.

En effet, l'hydrogène (H₂) est l'un des gaz les plus difficiles à étancher, le numéro 1 atomique dans le tableau périodique des éléments chimiques et la plus petite masse atomique soit 1,007975.

De plus, H₂ ayant une limite inférieure d'explosivité 20% plus faible et une température d'auto-inflammation plus faible que celle du méthane. Cela traduit un risque d'explosion plus importante.

Il est donc évident et primordial que, dans la pratique, les taux de fuites d'H₂ doivent être bien inférieurs à celles du méthane. Il est donc d'une importance capitale de déterminer soi-même l'étanchéité effective du matériau d'étanchéité en présence d'H₂ et de démontrer concrètement la corrélation avec les valeurs de fuite d'hélium et pas seulement de l'évaluer. En l'état actuel des choses, très peu d'études réelles et appliquées n'ont été réalisées.

L'entreprise DONIT a tenté d'identifier et mesurer toutes ces données pour ses matériaux d'étanchéité.

MÉTHODES STANDARDISÉES DE DÉTERMINATION DES VALEURS DE TAUX DE FUITE

Conformément à la norme DIN 3535/6 qui contrôle le taux de fuite spécifique à température ambiante par détecteur de débit de masse ou à l'aide de la méthode de pression différentielle avec de l'azote (N₂). Les conditions d'essais sont : Le "critère DVGW" est ici une fuite de <0,1 mg(s*m) pour une épaisseur de joint de 2,0 mm.

Conformément à la norme DIN EN 13555, la fuite de gaz He (en tant que gaz d'essai) est mesurée à température ambiante. La valeur Q_{min} mesurée représente la contrainte de surface du joint nécessaire pour respecter une classe d'étanchéité (taux de fuite), tandis que la valeur Q_{smin} simule la fuite dans les conditions de service. Étant donné que cette méthode d'essai repose, non seulement sur la mesure de la pression différentielle, mais aussi sur un système de mesure de fuite très sensible, elle permet d'obtenir des résultats plus précis.

La détection par un spectromètre de masse permet de mesurer les fuites les plus infimes. Toutes ces données d'étanchéité mesurées selon cette norme DIN EN 13555 caractérisent la data-base de l'outil de calcul EN 1591-1, qui permet, également, de valider la conformité à la norme TA-Luft des raccords à brides.

Gaz	Limite inférieure d'explosivité (vol.%/air)	Limite supérieure d'explosivité (vol.%/air)	Température d'auto-inflammation (°C)
Hydrogène (H ₂)	4.0	75.6	560
Méthane (CH ₄)	5.0	15.0	595
Éthanol (C ₂ H ₅ OH)	3.5	15.0	425

Tableau 1 : Limites d'explosivité & températures d'inflammation des mélanges

Le test TA-Lüft ou VDI 2440/2200 s'effectue sur un assemblage à bride boulonné sous une contrainte de surface de 30 MPa et un prétraitement de contrainte thermique de l'échantillon du joint à tester. La mesure de la fuite He s'effectue à température ambiante, à une pression interne de 1 bar. Un spectromètre de masse est utilisé pour mesurer les fuites les plus imperceptibles, avec une sensibilité équivalente à celle du test précédent.

Notons que toutes les méthodes d'essai standard mentionnées ci-dessus utilisent soit de l'azote (N₂), soit de l'hélium (He) comme gaz d'essai. En général, on part du principe que la classe d'étanchéité déterminée pour He ou N₂ est au moins la même que celle utilisée pour le gaz naturel. Dans la pratique, on suppose donc qu'un joint d'étanchéité ayant une classe d'étanchéité de L0,1 pour He convient également pour l'étanchéité au gaz naturel.

Mais est-ce que cela s'applique aussi à l'hydrogène ?

NOUVEAU BANC D'ESSAI POUR LA DÉTECTION DES FUITES H₂

Depuis 2021, le laboratoire R&D de DONIT exploite une toute nouvelle et unique unité d'essai de mesure de fuite d'hydrogène H₂. Sa conception et développement repose sur une optimisation des essais et exigences de la norme VDI2440/2200 (figure 1). Cette méthode de mesure bien connue a ainsi pu être adaptée au contrôle de la perméabilité et de la résistance des matériaux d'étanchéité au gaz H₂ et peut assurer et confirmer la performance d'un joint de raccord boulonné sur site industriel.

MATÉRIAUX D'ÉTANCHÉITÉ POUR He ET H₂

Nous proposons pour essai deux matériaux représentatifs **DONIT**, **TESNIT® BA-U** et **TESNIT® BA-SOFT**, des essais de fuite ont été effectués avec de l'hélium et de l'hydrogène. Les deux matériaux sont des matériaux à base de fibres d'aramide avec un liant NBR. Le **TESNIT® BA U** est utilisé et certifié depuis longtemps dans les installations de gaz de

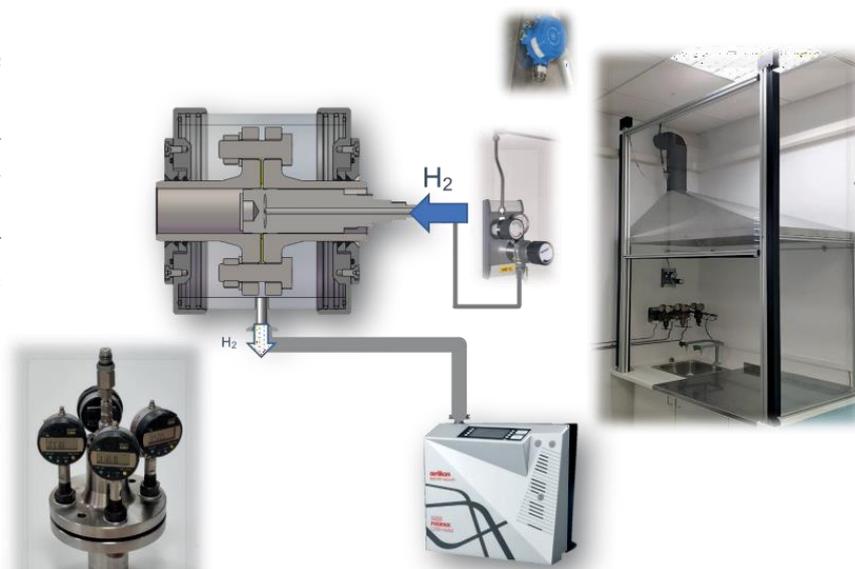


Figure 1 : Banc d'essai de fuite H₂ et caractéristiques du banc d'essai

ville, butane, propane, méthane (distribution et raccord). La feuille **TESNIT® BA-SOFT** représente l'ultime évolution technique de la recherche et développement les plus récentes dans le domaine du joint souple calandré, elle allie une grande capacité d'adaptation (compressibilité) à une résistance thermomécanique très élevée et aussi, une incomparable perméabilité au gaz.

La figure 2 permet de comparer les valeurs de fuites d'Hélium et l'hydrogène (massique et volumique) pour le matériau **TESNIT® BA-SOFT**. Le joint a été installé avec une contrainte de surface de 30 MPa, les fuites ont été mesurées à différent stade de pression interne variant de 5 à 40 bars. Dans les deux diagrammes, la fuite H₂ est légèrement supérieure à la fuite He à une pression interne de 40 bars, mais les courbes n'ont pas d'écart significatif, elles sont semblables, en considérant uniquement le diamètre cinétique des 2 éléments (tableau 2), on pourrait s'attendre à une fuite plus importante de l'hélium par rapport à l'hydrogène. Dans la pratique, ceci est largement compensé par la vitesse d'effusion plus élevée de l'hydrogène, ce qui se traduit finalement par des valeurs de fuite légèrement plus élevées pour l'hydrogène.

Figure 2 : Courbes de fuite d'hélium (ligne pointillée) et d'hydrogène (ligne continue) pour **TESNIT® BA-SOFT** (rouge) et **BA-U** (bleu) à 30 MPa de pression de surface au montage

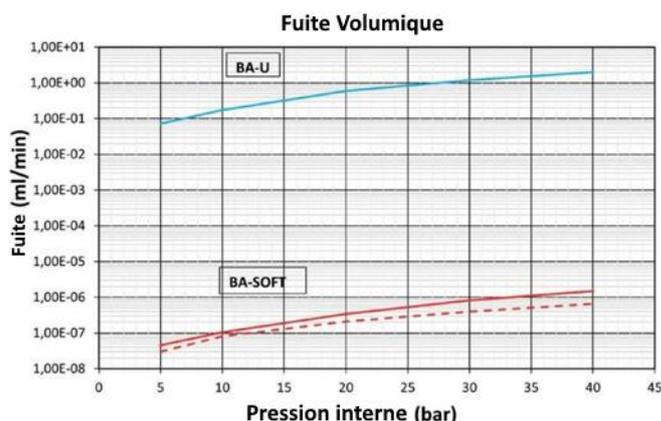
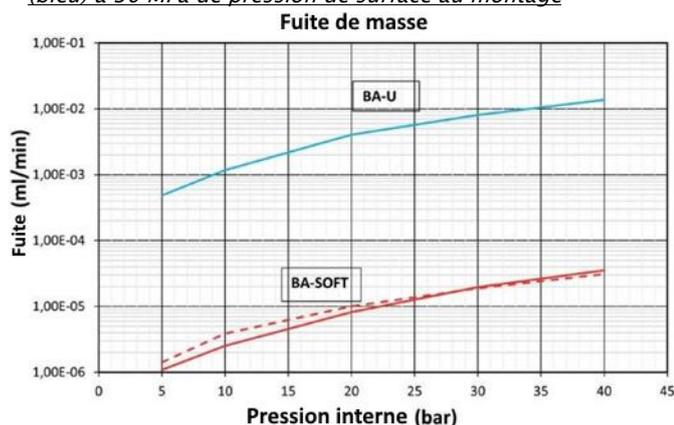


Tableau 2 : Principales données cinétiques pour les gaz d'essai

Gaz		Masse moléculaire [u]	Diamètre cinétique [picomètre]	Diamètre cinétique relatif	taux d'effusion relatif
Nom	Formule				
Hydrogène	H ₂	2	289	1,1	1,4
Hélium	Hé	4	260	1	1
Azote	N ₂	28	364	1,4	0,37

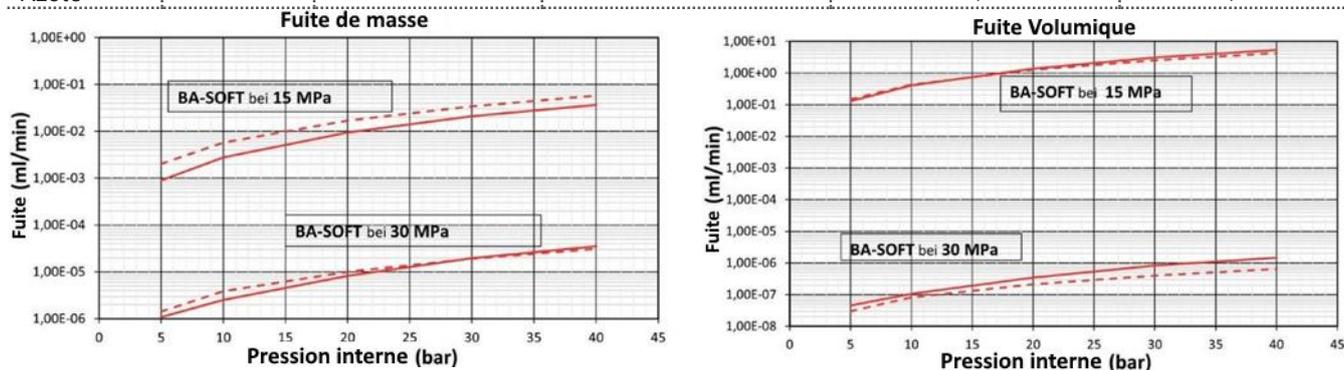


Figure 3 : Courbes de fuite d'hélium (ligne pointillée) et d'hydrogène (ligne continue) pour le TESNIT® BA-SOFT dans différentes conditions de pression de surface/d'installation

La figure 2 présente également une comparaison directe entre le TESNIT® BA-U et le TESNIT® BA-SOFT. Les deux matériaux d'étanchéité ont été installés dans des conditions identiques (contrainte de surface de 30 MPa)

Le joint TESNIT®BA-SOFT démontre ici sa performance supérieure en matière de perméabilité avec une fuite (massique) presque 1000 fois inférieure au joint TESNIT® BA-U .. Dans un autre essai, pour accentuer les performances de ce joint, nous avons volontairement baissé la contrainte de surface (figure 3). Une simulation d'un montage hors des règles de l'art, la contrainte de surface du joint TESNIT® BA-SOFT a été réduite à 15 MPa. Evidemment, le taux de fuite est nettement plus élevé sous cette contrainte imposée mais reste toutefois dans les mesures de fuites observées pour un joint aramide standard, lui sous contrainte à 30 MPa.

Cette comparaison directe des essais de la figure 2 et de la figure 3 montre que le joint TESNIT® BA-SOFT, même installé dans des conditions de terrain très difficile, offre des performances de perméabilité au gaz de même niveau qu'un joint aramide standard qui lui a été posé dans des conditions optimales avec une pression de surface de 30 MPa.

CONCLUSION

Ce banc d'essai unique, fruit des derniers développements de notre R&D dans la mesure de perméabilité au gaz du joint plat, a permis d'acquérir des connaissances approfondies sur les fuites réelles de H₂ et leur corrélation avec les mesures de fuites connues et établies.

Il a été démontré que pour les matériaux d'étanchéité DONIT testés, il n'y a pas de différence significative dans la fuite de masse entre H₂ et He dans les conditions des tests. Par conséquent, les paramètres d'étanchéité selon EN 13555 peuvent être considérées comme valables et la note de calcul

suivant l'EN 1591-1 peut également, selon l'avis des auteurs, être utilisé pour les joints de bride au contact d'hydrogène.

L'utilisation de l'hydrogène comme milieu et gaz d'essai de mesure de fuite représente une meilleure assurance d'efficacité du joint d'étanchéité. Compte tenu du risque et de sécurité plus élevé avec de l'hydrogène par rapport au gaz naturel, l'enjeu du « zéro émission fugitive » devient essentiel. D'après les mesures effectuées, le TESNIT® BA-SOFT présente un taux de fuite massique 1000 fois inférieur à celui des matériaux standard habituels et reconnus.

Les tests et essais ont démontré qu'en cas de faibles contraintes de surface (mauvaises conditions d'installation), BA-SOFT présente toujours le même niveau de fuite que les matériaux d'étanchéité traditionnels standards. Ainsi, même en cas d'installation incorrecte, une réduction significative des risques et une augmentation de la sécurité pour les applications d'hydrogène sont maintenues.

AUTEUR



INGÉNIEUR DIPLÔMÉ. PETER ÜBELMESSER

Directeur de la gestion de portefeuille et du développement de nouvelles activités
Donit Tesnit GmbH
80333 Munich

BARBARA MOHAR

Directeur R&D
Donit Tesnit GmbH

ZVONKO MAJČEN

Head of Application Engineering
Donit Tesnit GmbH

Donit est distribué en France
exclusivement par :

High temperature
solution
producer 