

Étymologie : étancher : arrêter l'écoulement (milieu du XII^e siècle). Il faudra attendre 1876 pour voir apparaître le mot étanchéité pour la première fois dans une gazette juridique. L'étanchéité est donc une préoccupation plutôt récente.

2.1 Définition

L'étanchéité telle que nous la traitons dans cet ouvrage se définit comme la capacité qu'a une enveloppe à garder son contenu intact. Cela signifie qu'elle est apte à empêcher tout passage de fluide au travers de ses parois, qu'il soit entrant ou sortant. Dans la pratique, l'étanchéité absolue est utopique et cette aptitude devra se situer à un niveau nécessaire et suffisant pour garantir les critères de qualités recherchés.

Dans les transferts de fluides, il existe également des phénomènes plus complexes que le simple écoulement qu'on résumera sous les termes : perméation et diffusion. Ces phénomènes ne remettent pas en cause l'étanchéité d'une paroi, dans la très grande majorité des cas. Nous ne les traiterons pas, mais ils seront cités quand ils peuvent interférer avec un contrôle et perturber la mesure, typiquement dans le test hélium sous vide.

Le niveau d'étanchéité s'exprime par le seuil de refus ou de rejet. C'est la limite à partir de laquelle on déclarera une pièce bonne ou mauvaise. Un seuil fixé trop bas conduit à faire de la surqualité. À l'inverse un seuil trop tolérant fait prendre le risque de décevoir le client ou l'utilisateur final par une qualité insuffisante.

Dans tous les cas, exprimer un seuil de refus comme cela : zéro fuite ! n'est pas réaliste et il faut se plier au difficile exercice qu'est l'estimation de la taille de fuite maximale acceptable. Il faut accepter l'idée qu'un produit vendable peut fuir, mais pas trop. Tout est dans la mesure.

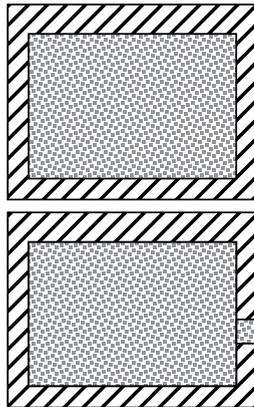
2.2 Définition d'une fuite

La détection de fuite permet surtout de détecter les défauts traversant une paroi. Une fuite peut être détectée si on met en évidence un flux (gazeux ou liquide) qui passe au travers de la paroi soumise à une pression différentielle.

On peut dans certains cas détecter les défauts non débouchants, à condition que le volume interne du défaut soit suffisamment important pour constituer un réservoir alimentant cette pression différentielle nécessaire à la création d'un débit. On fera appel aux techniques de ressuage.

Figure 1 : Une fuite due à un défaut dans la matière.

Prenons une enveloppe contenant un fluide (gaz ou liquide) à une pression supérieure à la pression atmosphérique



Pas de fuite

Aucune molécule ne sort de l'enveloppe

Fuite

Des molécules sortent de l'enveloppe : présence d'un flux

Le flux dépend de la pression différentielle $P_{\text{int}} - P_{\text{ext}}$, la viscosité du fluide, la taille du défaut...

Quand P_{ext} est la pression atmosphérique, on dit que le test a lieu « à la pression atmosphérique ». Cela ne présume en rien de la valeur de P_{int} qui peut être supérieure ou inférieure, mais pas égale, à la pression atmosphérique ; ceci afin de créer la pression différentielle nécessaire à la création d'un débit au travers du défaut traversant.

2.2.1 Fuite de fluide gazeux

Les gaz étant compressibles, l'expression d'un flux devra prendre en compte le produit Pression \times Volume testé pour exprimer la quantité de fluide qui passe par unité de temps.

$$\text{Flux}_{\text{Gaz}} = \frac{\text{Volume}}{\text{Temps}} \times \text{Pression}$$

m³, l, cm³...
 Pa, bar, mbar...
 s, min, h, jours, an...

Dans la détection de fuite hélium, on trouve des détecteurs indiquant le résultat de leur mesure en mbar.l/s. Ce n'est pas l'unité légale qui est le Pa.m³/s mais c'est l'unité très souvent en usage sur le terrain.

En cas de fuite, il y a un impact sur la pression interne ou sur le volume externe (ou les deux). On peut donc détecter les fuites par leurs effets : variation de la pression, variation de la pression partielle, variation du volume externe (bulles...) ; ou par la mesure de la fuite elle-même : gaz traceur, débitmétrie.

2.2.2 Fuite de fluide liquide

$$\text{Flux}_{\text{Liquide}} = \frac{\text{Volume}}{\text{Temps}}$$

m³, l, cm³...
 s, min, h, jours, an...

ou

$$\text{Flux}_{\text{Liquide}} = \frac{\text{Masse}}{\text{Temps}}$$

kg, g, mg...
 s, min, h, jours, an...

La variation de volume du fluide liée à la pression est négligeable dans le cas des liquides. Le flux peut alors être exprimé au choix en masse ou en volume par unité de temps. Le lien entre ces deux expressions est la masse volumique du fluide, c'est-à-dire sa masse par unité de volume (kg/m³).

La valeur du débit correspond bien à la quantité de molécules par unité de temps.

Que se passe-t-il si on change de nature de fluide, du gaz vers le liquide ou inversement ?

Une pièce fuyarde à l'air peut-elle être « étanche » avec du liquide ? Nous pouvons répondre sans hésiter : oui, c'est possible.

En effet, on observe à la surface des liquides une tension de surface. Ce phénomène peut boucher la fuite et empêcher tout débit au travers du défaut. Il ne faut toutefois s'en préoccuper que dans le cas des microfuites (\emptyset équivalent de quelques microns pour l'eau) ou pour des liquides à très forte tension de surface, comme certaines huiles à basse température. En résumé, en deçà d'une certaine taille, même en présence d'un défaut débouchant, aucun débit de liquide ne pourra s'établir. On parlera alors de diamètre critique.

Dans la problématique d'une pièce conçue pour contenir du liquide et testée avec un gaz, le seuil de rejet correspondant doit être défini, c'est-à-dire la fuite maximum admissible. Il peut être obtenu soit par le calcul, soit par expérimentation. Le calcul pour les faibles pertes de liquide conduit souvent à un seuil de rejet sévère, posant la question de la surqualité et du coût d'un test à haute sensibilité qui ne serait justifié que par le calcul.

L'expérimentation est une manière efficace de positionner son seuil de refus. Isoler une pièce fuyarde à la limite de la qualité acceptable. Mesurer son taux de fuite par une méthode adaptée nous permet alors de fixer une limite plus basse pour sécuriser l'expérience.

On peut prendre en seconde approche le rapport entre la viscosité de l'eau et celle de l'air. Ce rapport varie de 30 à 80 selon qu'il s'agisse d'eau pure ou d'un mélange éthanol-glycol. C'est pourquoi la valeur de 50 est souvent utilisée sur le terrain pour estimer grossièrement le seuil de rejet en air correspondant à une fuite de liquide.

Exemple : radiateur de refroidissement moteur, carter de boîte de vitesses, direction assistée, réservoir de lave-glace.

Une fuite de liquide peut donc être détectée par une mise en évidence d'un débit de gaz au travers de la paroi pendant le test.