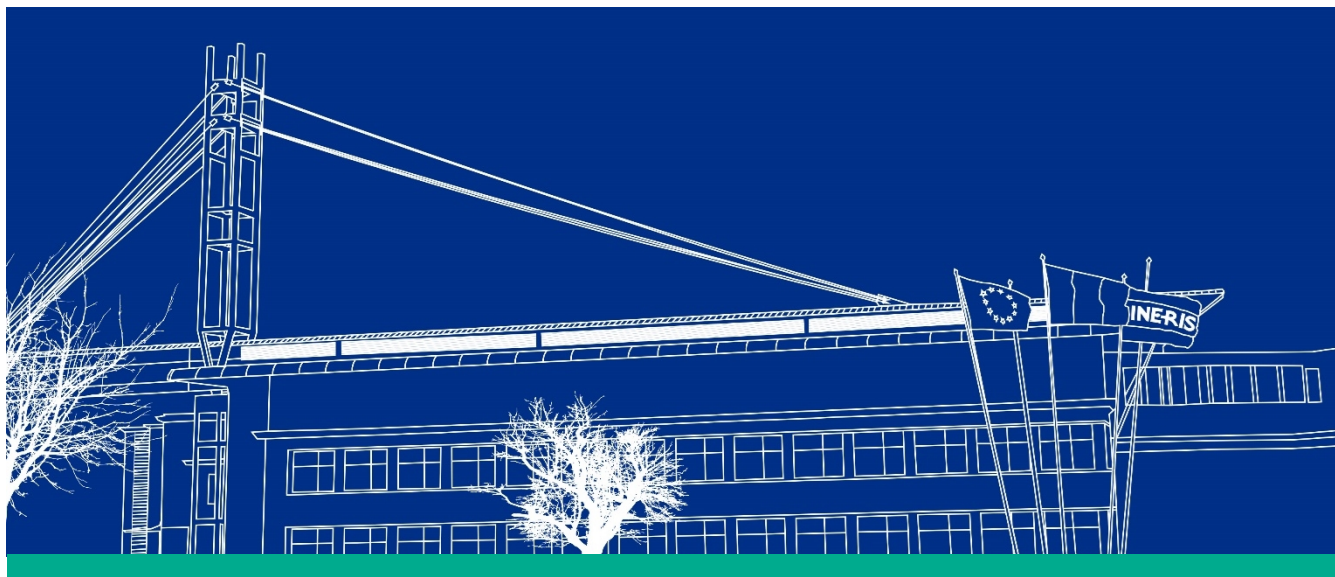




(ID Modèle = 454913)

Ineris - 227261 - 2796430 - v2.0

24/09/2025

Clapet anti-retour

Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de
Sécurité (B.T.S)

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION INCENDIE DISPERSION EXPLOSION

Rédaction : RODRIGUES Marta

Vérification : MASSE FRANCOIS; TARRISSE ALBIN; JOUBERT LAURIS

Approbation : BOUET REMY - le 24/09/2025

Table des matières

1	Fonction de sécurité assurée	5
2	Objet de la fiche.....	6
3	Description générale.....	8
3.1	Types de clapets anti-retour	9
3.2	Principales normes, directives et dispositions applicables aux clapets anti-retour	11
3.3	Accidentologie et modes de défaillance	12
4	Critères d'évaluation des performances	14
4.1	Indépendance	14
4.2	Efficacité	14
4.3	Temps de réponse.....	15
4.4	Niveau de confiance	15
5	Tests et maintenance	17
5.1	Installation et mise en service.....	17
5.2	Maintenance	17
5.3	Gestion des modifications.....	18
6	Liste des sources utilisées.....	19

Liste des figures

Figure 1 : Typologie des Barrières Techniques de Sécurité, Ω 10 [3].....	6
Figure 2 : Clapet anti-retour utilisé dans l'industrie pétrolière et chimique (Source : CHAODA USA)	8
Figure 3 : Clapet anti-retour à battant (Source : Wikipédia)	9
Figure 4 : Clapet anti-retour à piston (Source : Wikipédia).....	10
Figure 5 : Clapet anti-retour à bille (Source : Wikipédia).....	10
Figure 6 : Clapet anti-retour à ressort en ligne - corps (A) et disque (B) (Source : Tameson).....	10
Figure 7 : Clapet anti-retour à double battant (Source : Rokval).....	11

Résumé

Ce document présente les informations relatives aux clapets anti-retour. Il s'agit des dispositifs de sécurité destinés à empêcher l'inversion du sens de circulation des fluides dans les tuyauteries grâce à un obturateur qui laisse le fluide circuler dans un certain sens, mais qui se bloque si ce sens s'inverse.

Les différentes technologies sont d'abord présentées en expliquant leur principe de fonctionnement, ainsi que des éléments nécessaires pour pouvoir vérifier le respect des critères de performance définis par la méthode Ω 10 et l'article 4 de l'arrêté du 29 septembre 2005 : efficacité, temps de réponse, test / maintenance et niveau de confiance.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Clapet anti-retour, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 227261 - v2.0, 24/09/2025.

Mots-clés :

Fiche Barrière, Barrière technique de sécurité, Dispositif actif, MMR, Clapet anti-retour.

1 Fonction de sécurité assurée

Les clapets, également appelés clapets anti-retour, clapets de non-retour ou clapets unidirectionnels, sont des **organes de protection de robinetterie destinés à empêcher l'inversion du sens de circulation des fluides dans les tuyauteries grâce à un obturateur qui laisse le fluide (liquide, gaz, air comprimé, etc.) circuler dans un certain sens, mais qui se bloque si ce sens s'inverse**. Les clapets ne sont pas des organes de fermeture et il est nécessaire de leur adjoindre un robinet si l'étanchéité est requise.

Les clapets sont principalement utilisés pour protéger les installations contre les dommages dus à une inversion du sens d'écoulement d'un fluide pouvant provoquer des conséquences graves, telles que la contamination du milieu en amont ou la fuite d'un produit lors de la rupture de canalisations (par exemple, dispersion d'un produit toxique).

Selon la fonction de sécurité requise, le clapet peut être à fonctionnement « normalement ouvert » ou « normalement fermé ». Cette distinction est importante pour adapter le choix du clapet aux contraintes du procédé, au type de fluide ou encore aux conditions d'exploitation (pression, débit, orientation...).

Un clapet anti-retour normalement ouvert reste ouvert par défaut lorsque le fluide circule dans le sens prévu. Il se referme uniquement lorsque la pression amont diminue ou qu'une contre-pression en aval se manifeste, empêchant ainsi tout reflux. Ce type de clapet est couramment utilisé dans les circuits où la continuité du débit est essentielle.

À l'inverse, un clapet anti-retour normalement fermé reste fermé par défaut dans des conditions normales d'opération et n'autorise l'ouverture que lorsqu'une pression amont suffisante permet de surmonter sa résistance. Ce type de fonctionnement est adapté aux applications où le passage du fluide ne doit se produire que dans des conditions spécifiques, ou lorsque le système nécessite une étanchéité rigoureuse en l'absence de circulation active.

La protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et les exigences des dispositifs de protection contre la pollution par retour, notamment les clapets de non-retour antipollution, ne font pas l'objet de cette fiche. Même si le clapet antipollution et le clapet de non-retour fonctionnent sur le même principe, le clapet antipollution répond à des normes strictes en matière d'eau potable qui présentent des exigences spécifiques pour les matériaux, les performances, la conception, la construction et le marquage de ces systèmes (NF EN 1717, NF EN 13564, NF EN 13959, attestation de conformité sanitaire...).

2 Objet de la fiche

Cette fiche présente des éléments de synthèse relatifs à l'évaluation des performances des clapets anti-retour dans le cadre des installations classées.

L'arrêté du 29 septembre 2005 (dit arrêté PCIG) précise qu'il est nécessaire que les études de dangers examinent les performances des mesures de maîtrise des risques et qu'une justification de leur niveau de performance établi soit fournie.

L'article 2 de cet arrêté dispose que « *La méthode d'évaluation de la probabilité peut s'appuyer sur la fréquence des événements initiateurs spécifiques ou génériques et sur les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques agissant en prévention ou en limitation des effets.* »

L'article 4 de cet arrêté dispose que « *Pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées et maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité.* »

Dans cette optique, la méthode de définition et d'évaluation des barrières de sécurité (mesures de maîtrise des risques dans le cadre d'une EDD) doit être explicitée en s'appuyant sur les critères définis aux articles 2 et 4 de l'arrêté précité. Pour cela, l'Ineris a développé des méthodes génériques d'évaluation des barrières techniques (Ω 10 [3]) et humaines (Ω 20 [2]) de sécurité.

La typologie des barrières techniques de sécurité présentées dans le rapport Ω 10 est reprise dans la figure ci-dessous :

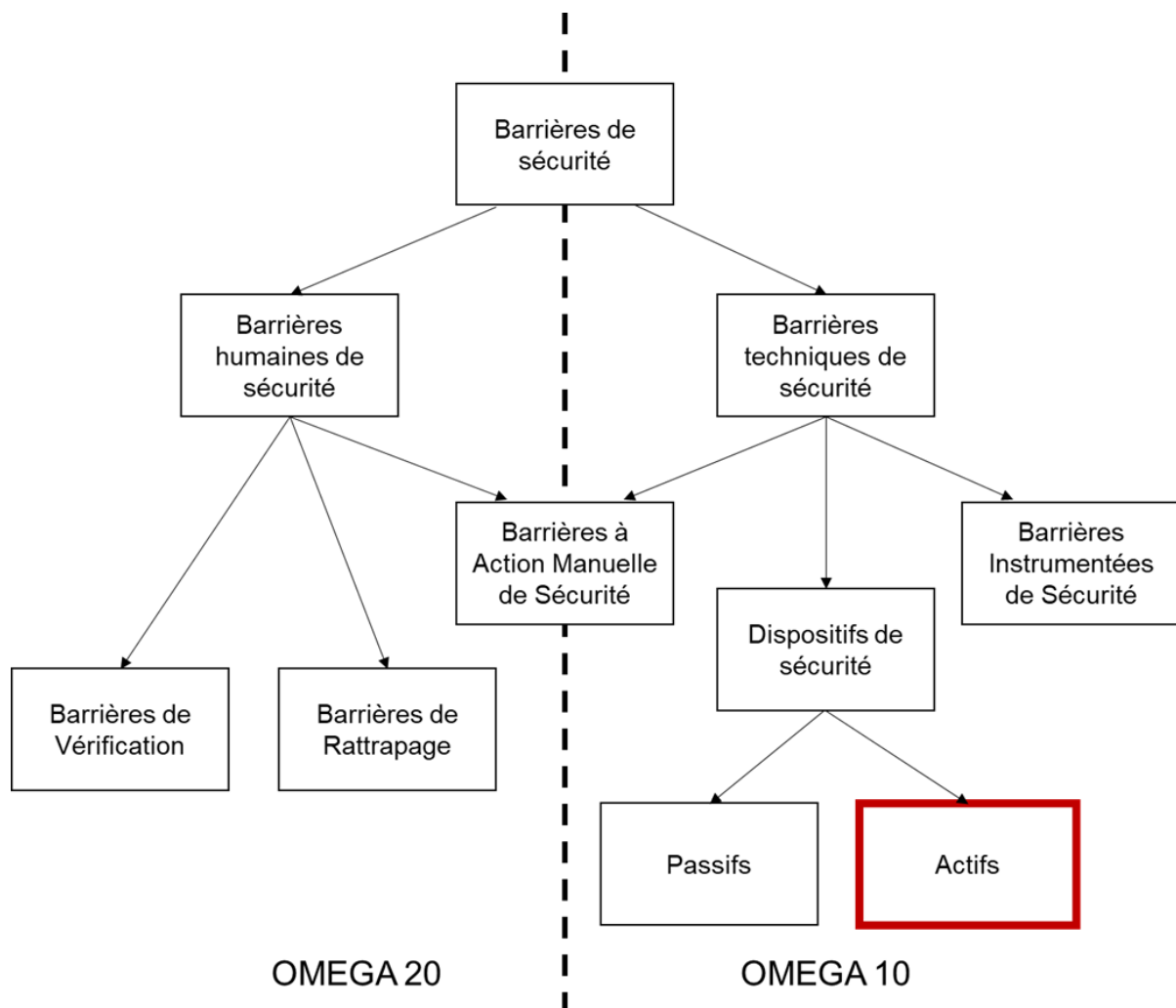


Figure 1 : Typologie des Barrières Techniques de Sécurité, Ω 10 [3]

Dans l'approche de l' Ω 10, on définit les barrières de sécurité comme l'ensemble des éléments techniques et humains nécessaires à la réalisation d'une fonction de sécurité. Dans la catégorie des barrières techniques de sécurité, il peut s'agir de dispositifs de sécurité ou de barrières instrumentées de sécurité (BIS).

Un dispositif de sécurité est un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité. Les dispositifs de sécurité peuvent être passifs (qui ne mettent en jeu aucun système mécanique ni action humaine pour remplir leur fonction) ou actifs (qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques pour remplir leur fonction).

Les clapets anti-retour correspondent à des dispositifs de sécurité actifs parce qu'il s'agit d'éléments unitaires dont le fonctionnement s'appuie sur des dispositifs mécaniques qui se déplacent selon le débit et la vitesse d'écoulement d'un fluide.

Le principal référentiel applicable dans ce contexte est la méthode Ω 10 [3] qui donne les éléments généraux pour l'évaluation des performances des barrières techniques de sécurité et des éléments qui les composent.

Le présent document donne donc les éléments essentiels sur :

- Le fonctionnement et les technologies des clapets anti-retour au chapitre 3 ;
- La vérification du respect des critères de performance tels qu'ils sont définis par la méthode Ω 10 en termes d'efficacité, de temps de réponse et de niveau de confiance au chapitre 4 ;
- La maîtrise en exploitation et le maintien dans le temps des performances des clapets anti-retour au chapitre 5.

3 Description générale

Un clapet anti-retour est un dispositif installé sur une tuyauterie permettant de contrôler le sens de circulation d'un fluide quelconque. Le fluide (liquide, gaz, air comprimé, etc.) peut circuler dans un seul sens, et son reflux dans le sens opposé est bloqué par le clapet. Le corps (coquille externe) de la plupart des clapets anti-retour sont en plastique ou en métal. Une flèche sur la surface extérieure du corps indique le sens d'écoulement du fluide.

Les clapets anti-retour sont généralement installés sur des canalisations pour éviter les risques d'inversion ou de refoulement. Ils sont également des composants essentiels dans de nombreux systèmes où il est crucial de maintenir la direction du flux, de prévenir la contamination et de protéger les équipements. Ils jouent un rôle de barrière de sécurité en prévenant les reflux indésirables de fluides dangereux, protégeant les équipements en amont et contribuant au confinement des substances nocives.

Dans leur large gamme d'applications on peut mentionner :

- En cas de rupture de tuyauterie, empêcher le fluide de revenir vers la section endommagée afin de maintenir l'intégrité du système, de limiter les pertes de fluide et de réduire les risques environnementaux ou opérationnels.
- Protéger les équipements pouvant être affectés par le reflux, tels que les filtres, les débitmètres et les vannes de régulation.
- Dans le cas de réacteurs chimiques alimentés par plusieurs lignes de produits, éviter le reflux vers un circuit d'alimentation ou un réservoir de stockage d'un fluide potentiellement non compatible avec ce circuit (corrosion, réactivité, température, pression).
- Sur certaines installations de procédé, empêcher qu'une surpression ne renvoie des vapeurs ou liquides en sens inverse vers les unités amont.
- Sur les réservoirs, empêcher la vidange du réservoir par les lignes de remplissage en cas d'incident (incendie, rupture de tuyauterie).
- Protéger les équipements sous vide d'une entrée d'air ou de gaz chaud.
- Empêcher les retours de flamme dans les réseaux de torche ou de décharge.
- Protéger les pompes et compresseurs contre les effets d'un reflux (retour de pression, rotation inverse) qui pourraient les endommager gravement et éviter que le fluide redescende vers la pompe lors de son arrêt (évitements des coups de bélier et désamorçage).
- Lorsqu'il s'agit de mélanger plusieurs gaz en un seul jet, chaque buse d'injection est équipée d'un clapet anti-retour pour éviter la contamination des réservoirs sources.
- Dans les systèmes de protection contre les incendies, garantir que l'eau ou l'agent extincteur circulent dans une seule direction lorsque le système est activé, empêchant ainsi le reflux.

En résumé, toute tuyauterie reliant deux zones de process dont l'une pourrait pousser un fluide vers l'autre de manière dangereuse peut être équipée d'un clapet anti-retour.



Figure 2 : Clapet anti-retour utilisé dans l'industrie pétrolière et chimique (Source : CHAODA USA)

Les clapets anti-retour fonctionnent de manière autonome et la plupart ne sont pas contrôlés par une personne ou un dispositif externe ; par conséquent, la plupart n'ont pas de poignée ou de tige de vanne.

Lorsque le fluide circule dans le sens prévu, l'obturateur du clapet est repoussé en position ouverte sous l'effet de la pression. En cas de diminution de pression en amont, d'arrêt de l'écoulement ou de retour de fluide (contre-pression), l'obturateur se referme en fonction de son mécanisme et un système d'étanchéité empêche le fluide de circuler dans le sens inverse. La fermeture se fait soit :

- Par gravité dans le cas des clapets à boule ou à battant. C'est le poids de la boule ou du battant qui permet la fermeture du clapet lorsque la pression aval diminue. Ce type de montage impose un montage horizontal, ou vertical avec fluide ascendant.
- Par l'action d'un ressort qui ferme le clapet lorsque la pression chute dans le cas des modèles à disque, à piston ou à bille. Cette technologie autorise les montages dans toutes les positions.
- Par la combinaison des deux technologies (gravité et ressort) qui permet une fermeture plus rapide.

3.1 Types de clapets anti-retour

On distingue les types de clapets anti-retour selon le déplacement de leur obturateur et le mécanisme de fermeture. Il existe également différentes tailles, conceptions et matériaux afin de garantir qu'il y ait un clapet anti-retour pour répondre à des applications spécifiques.

De manière générale, il existe des clapets à obturateur à déplacement linéaire (dont l'obturateur se déplace dans le même sens que celui de l'écoulement du fluide) ou à déplacement angulaire (dont le ou les obturateurs se déplacent dans le fluide par rotation autour d'un axe orthogonal à l'axe de l'écoulement du fluide).

On peut distinguer cinq grandes familles de clapets anti-retour :

- Clapet à battant : composé d'un disque articulé qui pivote sur une charnière ou un axe. Lorsque la pression diminue, le disque revient dans sa position initiale en se rabattant sur le siège et bloque ainsi l'éventuel reflux. Le poids du disque et le débit ont un impact sur la vitesse de fermeture du clapet. Ce clapet peut être muni d'un contrepoids ou d'un ressort de rappel qui en plus d'une fermeture plus rapide, permettent un contrôle visuel de la position du battant. Il est normalement utilisé pour des fréquences de manœuvre faibles. S'il n'y a pas de ressort pour aider à la fermeture, il est important de considérer l'orientation du montage pour s'assurer que le disque se ferme avec la gravité. Les clapets à battant sont les plus courants dans l'industrie en raison de leur simplicité et de leur faible coût.

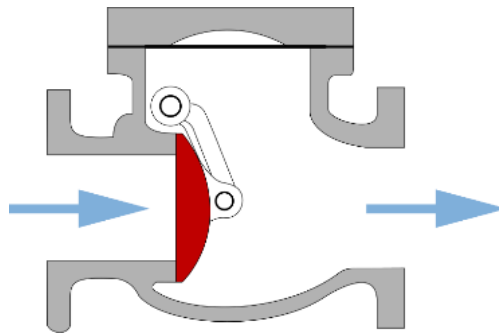


Figure 3 : Clapet anti-retour à battant (Source : Wikipédia)

- Clapet à levée verticale : son principe repose sur un obturateur mobile, généralement un disque ou un piston, qui se soulève verticalement sous l'effet de la pression amont lorsque le fluide circule dans le bon sens. En cas d'arrêt du flux ou de retour de fluide, l'obturateur redescend pour se plaquer contre son siège. Ces clapets se distinguent par leur temps de réponse très faible et leur bonne tenue en pression, du fait que le clapet tend par sa masse à s'appuyer naturellement sur son siège. Sur certains modèles, cette réaction rapide à la fermeture peut être encore améliorée par l'action d'un ressort. En revanche, ils nécessitent une installation horizontale pour des performances optimales.

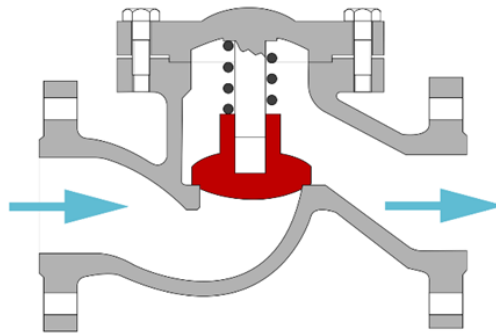


Figure 4 : Clapet anti-retour à piston (Source : Wikipédia)

- Clapet à bille : une bille libre assure la fermeture par contact sur un siège conique qui permet de guider la bille et ainsi d'arrêter le flux. Dans la plupart de ces clapets, la bille est plaquée contre l'orifice par un ressort mais parfois, le maintien de sa position dépend de la différence de pression de fluide amont-aval. C'est un système simple, sans articulation ni liaison mécanique, ce qui le rend couramment utilisé pour les fluides agressifs ou chargés et les eaux usées. Cependant, ils sont naturellement plus vulnérables à l'usure, la fissuration ou la déformation, ce qui implique un remplacement plus fréquent. Leur principal avantage est leur conception simple et compacte.

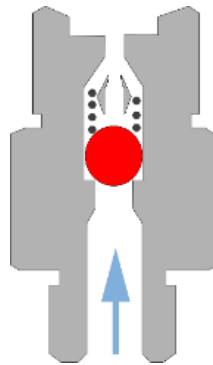


Figure 5 : Clapet anti-retour à bille (Source : Wikipédia)

- Clapet à ressort : son fonctionnement repose sur un obturateur central (souvent un disque) qui s'ouvre sous la pression amont lorsque le fluide circule dans le bon sens, et qui est rappelé en position fermée par un ressort dès qu'il n'y a plus assez de pression. Le ressort assure une réponse rapide aux changements de direction du flux. Ces clapets sont compacts, peuvent être installés dans n'importe quelle orientation et conviennent aux systèmes avec de faibles différentiels de pression. Toutefois, la présence du ressort introduit une légère perte de charge.

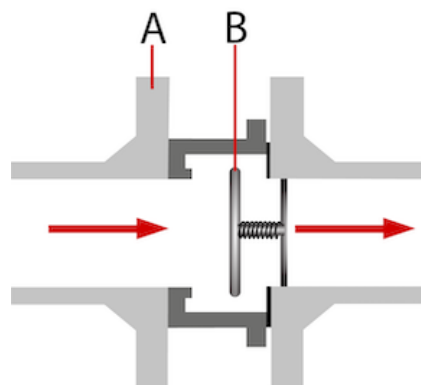


Figure 6 : Clapet anti-retour à ressort en ligne - corps (A) et disque (B) (Source : Tameson)

- Clapet à double battant : constitué de deux demi-disques montés sur un axe central, qui s'ouvrent sous l'effet de la pression amont et se referment rapidement grâce à un système de ressorts de rappel dès que le débit diminue ou s'inverse. La conception à double battant rend ce clapet plus compact et plus léger que les clapets à battant traditionnels. Ils conviennent aussi bien aux flux horizontaux que verticaux et sont adaptés à une large gamme de fluides. Ils offrent une bonne fiabilité mécanique et une faible perte de charge. Toutefois, leur étanchéité peut se dégrader avec le temps, notamment en cas d'usure des ressorts ou d'encrassement des disques.



Figure 7 : Clapet anti-retour à double battant (Source : Rokval)

Il existe également des clapets anti-retour pilotés, dont la fermeture peut être commandée manuellement ou à distance au moyen de systèmes pneumatiques, hydrauliques ou électriques ; ou des clapets pied de bac, installés à l'extrémité d'une canalisation dans une cuve ou un réservoir, empêchant le fluide de retourner dans la canalisation tout en permettant son écoulement contrôlé. Ces types de clapet ne font pas l'objet de cette fiche.

Selon la fonction de sécurité requise, le clapet peut être à fonctionnement « normalement ouvert » ou « normalement fermé ». Un clapet anti-retour normalement ouvert permet au fluide de circuler librement et arrête le flux en cas de retour. Un clapet anti-retour normalement fermé empêche le flux de média de le traverser jusqu'à ce que la pression d'ouverture s'accumule, à ce moment-là le clapet s'ouvre.

3.2 Principales normes, directives et dispositions applicables aux clapets anti-retour

Les clapets anti-retour doivent respecter les normes, directives et dispositions applicables en fonction du contexte et leur utilisation, tant pour leur conception que pour leur qualification. Voici quelques exemples :

- La *Directive Equipements Sous Pression 2014/68/UE* (DESP) s'applique à la conception, à la fabrication et à l'évaluation de la conformité des équipements sous pression et des ensembles dont la pression maximale admissible est supérieure à 0,5 bar. Les équipements sous pression doivent être soumis à une des procédures d'évaluation de la conformité, au choix du fabricant, prévues pour la catégorie dans laquelle ils sont classés. L'utilisation des normes harmonisées, dont les références sont publiées au Journal Officiel de l'Union Européenne, donne présomption de conformité aux exigences de la Directive. Le marquage CE est obligatoire. Les clapets sont des équipements sous pression par définition, ils doivent donc être classés selon une catégorie de la DESP en fonction du DN, de la pression et de la dangerosité du fluide.
- La *Directive ATEX 2014/34/UE* s'applique pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles. Dans l'industrie, l'utilisation de matériel ATEX est obligatoire dans les atmosphères pouvant devenir explosives suivant des conditions locales et opérationnelles. Il est de la responsabilité de l'utilisateur d'employer du matériel certifié et adapté à la zone ATEX de destination. Comme pour la DESP, le marquage CE est obligatoire, et les fabricants peuvent employer les normes harmonisées. Si le clapet est installé en atmosphère explosive (zones ATEX 1 ou 2 par ex.), il doit être conforme à la directive ATEX. Un clapet purement passif en métal n'émet pas normalement d'étincelle, mais un choc

métallique interne peut provoquer une étincelle. Certains fabricants proposent des clapets certifiés ATEX, garantissant que les composants évitent les combinaisons de métaux à risque d'inflammation par choc et que l'électricité statique est gérée.

- Les norme *Robinetterie industrielle - Clapets de non-retour métalliques* (NF EN 16767) et *Robinetterie industrielle - Clapets de non-retour en matériaux thermoplastiques* (NF EN ISO 16137) qui donnent des spécifications de conception portant sur les matériaux, la relation pression/température, les dimensions, la résistance de l'enveloppe, les caractéristiques de débit et les fuites au siège. Elles détaillent également les modes opératoires d'essais et définissent le marquage et la désignation des clapets de non-retour.
- Dans la réglementation française, l'*Arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables, exploités au sein d'une installation classée pour la protection de l'environnement soumise à autorisation* dispose que les « tuyauteries d'emplissage ou de soutirage débouchant dans le réservoir au niveau de la phase liquide sont munies d'un dispositif de fermeture pour éviter que le réservoir ne se vide dans la rétention en cas de fuite sur une tuyauterie », la fermeture s'effectuant « par télécommande ou par action d'un clapet antiretour ». Par ailleurs, « en cas d'incendie dans la rétention, la fermeture est automatique, même en cas de perte de la télécommande, et l'étanchéité du dispositif de fermeture est maintenue ».

D'autres normes ont été développées pour des secteurs d'activité spécifiques, par exemple :

- Le standard ASME B16, élaboré par l'American Society of Mechanical Engineers (ASME), regroupe une série de normes relatives aux composants de tuyauterie, tels que les brides, les raccords, les vannes et les joints. Il définit les dimensions, les tolérances, les pressions nominales, les températures, ainsi que les matériaux pour garantir l'interchangeabilité et la fiabilité dans des systèmes de tuyauterie industrielle. Il couvre les matériaux, les dimensions, les valeurs nominales et les tests pour différents types de vannes, notamment les clapets anti-retour (ASME B16.34).
- Le standard API 594, publié par l'American Petroleum Institute (API) spécifie les exigences de conception, de fabrication, de tests et de performances pour les clapets de non-retour (check valves) utilisés dans les secteurs pétrolier, gazier, chimique, et énergétique. Il couvre différents types de clapets, tels que les modèles à battant, à double battant ou à disque, et est conçu pour garantir leur efficacité et leur fiabilité dans des applications industrielles.

3.3 Accidentologie et modes de défaillance

La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) répertorie les incidents, accidents ou presque accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

En regardant les principales causes des accidents impliquant des clapets anti-retour (notamment N° 30920 en 2005 ; N° 51180 en 2018 ; N° 56504 en 2020 ; N° 59855 en 2022 ; N° 60189, N° 61292 et N° 61334 en 2023), on retrouve :

- Incompatibilité du clapet anti-retour avec le fluide, entraînant principalement de la corrosion.
- Non-conformité de la technologie des clapets anti-retour utilisés, par exemple clapet obstrué par des accumulation des graisses.
- Mauvais entretien, absence de contrôle en exploitation.
- Maintenance insuffisante, périodicité de contrôle trop faible.
- Problèmes de tenue aux conditions climatiques.
- Fuite au niveau des joints.
- Mauvais positionnement du clapet anti-retour sur la tuyauterie.

Ce retour d'expérience montre que la performance des clapets anti-retour dépend plus de leur efficacité (résistance aux contraintes spécifiques) et de l'évolution des performances dans le temps (maintenance) que de leur aptitude à être tolérants aux défaillances matérielles.

Une analyse des défaillances des clapets anti-retour a été réalisée par le Oak Ridge National Laboratory (ORNL) en collaboration avec le Nuclear Industry Check Valve Group (NIC) [4]. Cette analyse est basée sur les données des clapets anti-retour répertoriées dans le Nuclear Plant Reliability Data System

(NPRDS) de l'Institute of Nuclear Power Operations (INPO) et a permis de caractériser les défaillances en fonction de plusieurs paramètres, notamment le type des clapets (particulièrement les clapets à battant et clapets à levée verticale), pour les 838 défaillances enregistrées entre 1991 et 1992.

Cette étude a également identifié que la majorité des défaillances des clapets anti-retour ont été détectées par des méthodes dites « planifiées », telles que les tests d'étanchéité, les tests de surveillance, ainsi que les inspections ou tests en service. Au total, 78 % des défaillances survenues entre 1991 et 1992 ont été découvertes grâce à ces méthodes.

Le Tableau 1 présente les principaux modes de défaillance extraits de cette étude avec le pourcentage de distribution de ces défaillances. Des données quantitatives complémentaires (taux de défaillance, probabilité de défaillance...) peuvent être extraites des données fournisseurs ou des bases de données de fiabilité de composants utilisés dans l'industrie, telles que l'Oreda.

Mode de défaillance	Distribution [%]
Clapet bloqué en position fermée	4 %
Clapet bloqué en position ouverte	13 %
Rupture	5 %
Mauvais positionnement du siège (fuite interne)	59 %
Composant desserré ou endommagé	3 %
Mouvement/écoulement restreint	9 %
Autres/inconnu	7 %

Tableau 1 : Distribution des modes de défaillance des clapets anti-retour [4]

Il est clair que le mode de défaillance le plus probable est la fuite interne. Ce terme est une expression abrégée qui se réfère au mode de défaillance comme étant causé par la corrosion, l'usure générale, la présence de matériaux étrangers et/ou un mauvais alignement, entraînant une mauvaise étanchéité et des fuites excessives. Les taux de fuite observées varient de fuites relativement mineures à d'autres de nature plus importante. De nombreuses défaillances classées dans cette catégorie restent difficiles à caractériser en termes d'étendue de la dégradation, de zone de défaillance, etc.

4 Critères d'évaluation des performances

En règle générale, le bon fonctionnement des clapets anti-retour dépend :

- de la bonne sélection en fonction de l'application (type, matériaux et dimensionnement) ;
- d'une installation adaptée qui respecte des règles et techniques applicables ;
- d'un programme de maintenance adapté.

4.1 Indépendance

Pour être retenu comme une barrière de sécurité dans le contexte de la maîtrise des risques d'accidents majeurs, il faut s'assurer :

- Que le clapet anti-retour est indépendant des événements initiateurs pouvant conduire à sa sollicitation. Une défaillance du clapet ne peut pas être à l'origine du scénario accidentel.
 - Par exemple, pour qu'un clapet puisse être considéré comme une barrière de sécurité dans un scénario donné, le scénario d'accident ne doit pas résulter d'un blocage du clapet en position ouverte : il doit être déclenché par un événement externe, comme une rupture de pipeline, et non par le dysfonctionnement du clapet lui-même.
- La performance du clapet ne doit pas être dégradée par l'occurrence des événements initiateurs. S'il est correctement dimensionné, les facteurs susceptibles de provoquer le scénario d'accident ne devraient pas dégrader son fonctionnement. Une résistance au feu certifiée peut s'avérer nécessaire pour garantir que le clapet continue de remplir sa fonction de sécurité même en cas d'incendie.

4.2 Efficacité

L'évaluation de l'efficacité du clapet anti-retour repose sur les principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques pendant une durée de fonctionnement.

L'efficacité dépend aussi du mode de fonctionnement du clapet. Par exemple, pour un clapet normalement ouvert, le fluide circule librement dans le sens prévu tant qu'il n'y a pas de contrepression. Pour que le clapet se ferme et empêche un retour de fluide, une pression suffisante en aval est nécessaire. Si cette contrepression est insuffisante, un faible reflux peut se produire, ce qui constitue une limite dans certaines applications critiques.

L'efficacité s'évalue aussi suivant le niveau d'étanchéité requis. Si l'étanchéité est critique, un filtre peut être installé en amont afin d'éviter que des impuretés ou des particules solides ne compromettent la fermeture correcte du clapet. Dans certains cas, on peut également associer le clapet anti-retour à une vanne : le clapet réagit immédiatement à une inversion du sens d'écoulement, tandis que la vanne assure le maintien en position de sécurité, même en cas de baisse de la pression de reflux.

Afin de définir des exigences techniques pour le dimensionnement et la mise en œuvre des clapets anti-retour, il est possible de se reporter aux normes ou codes pertinents (par exemple ceux mentionnés au chapitre 3.2) qui précisent ces prescriptions. Il en va de la responsabilité du fabricant d'assurer la conformité aux caractéristiques affichées des produits commercialisés et à l'exploitant de choisir une solution adaptée aux conditions de fonctionnement de son installation.

Il n'existe pas un clapet type pouvant convenir à toutes les applications et l'importance des critères de sélection peut varier selon les cas. Cependant, les critères généralement considérés sont les suivants :

- Caractéristiques du fluide et du process :
 - Conditions de service : température (externe et du milieu), pression de service, débit.
 - Type de fluide : liquide et/ou gaz, présence de particules solides, corrosif, inflammable, dangereux, toxique, visqueux, nécessitant des matériaux de construction spécifiques.
 - Conditions environnementales : présence de substances corrosives, atmosphère explosive, vibrations.
 - Coefficient de pertes de charge : qui peut varier de 0,8 à plus de 4,0 selon le design et les conditions de fonctionnement. Les pertes de charge dépendent de nombreux facteurs et varient en fonction du type de clapet, de sa conception, de la taille, du débit, ainsi que des conditions de l'écoulement. Les fabricants fournissent souvent des courbes ou des tableaux qui indiquent le coefficient de pertes de charge à différents débits pour leurs clapets spécifiques, basés sur des tests et des mesures spécifiques au produit.

- Caractéristiques du clapet anti-retour :
 - Norme de construction.
 - Pression d'ouverture : pression différentielle minimale entre l'entrée et la sortie requise pour ouvrir le clapet anti-retour.
 - Compatibilité du matériau avec le fluide : les matériaux doivent être choisis avec une résistance suffisante à la nature, à la pression et à la température du fluide du système. Par exemple, les clapets anti-retour en acier inoxydable sont reconnus pour leur résistance supérieure à la corrosion et aux températures extrêmes, ce qui les rend idéaux pour les environnements exigeants. Pour des applications moins contraignantes, des matériaux alternatifs comme le PVC ou le laiton peuvent offrir une solution plus économique. En présence d'hydrogène, on choisira un clapet compatible pour éviter qu'il ne se fragilise.
 - Le type de raccordement.
 - Le diamètre de la tuyauterie et l'orientation d'installation du clapet : horizontale ou verticale.
 - Poids de la bille (pour les clapets anti-retour à bille), tension du ressort (pour les clapets anti-retour à ressort).

La sélection du clapet anti-retour doit également prendre en compte les exigences d'étanchéité, ainsi que les phénomènes de cavitation et de coup de bélier potentiels en fonction des caractéristiques du procédé et du clapet.

4.3 Temps de réponse

Le temps de réponse du clapet anti-retour correspond à la durée entre l'inversion du sens de circulation du fluide et l'atteinte de la position finale de l'obturateur, c'est-à-dire complètement ouvert ou complètement fermé. Il est généralement compris entre quelques millisecondes et quelques secondes.

Le temps total de réponse doit être adapté à la cinétique du procédé et de l'événement redouté associé au scénario à traiter. Par exemple, si le clapet s'ouvre (ou se ferme) rapidement, le débit variera brusquement et des coups de bélier pourront se produire.

Pour éviter le claquement, le clapet doit se fermer de manière contrôlée et ralentir lorsqu'il est proche de la fermeture. Pour cela, il est nécessaire qu'un équipement annexe tel un amortisseur hydraulique soit installé. Toutefois, un tel dispositif induit un délai de fermeture, pendant lequel une certaine quantité de fluide peut encore s'écouler. Il est alors nécessaire d'évaluer, au cas par cas et selon l'application, si ce passage temporaire de produit avant la fermeture complète du clapet est acceptable ou non.

4.4 Niveau de confiance

Le niveau de confiance peut être évalué en identifiant les causes de mauvais fonctionnement :

- Règles d'installation non respectées ;
- Obstruction ou endommagement par des facteurs externes (par exemple la corrosion) ;
- Bouchage par dépôt ou accumulation de produit ;
- Rupture de composants tels que le ressort, le disque, le siège ou l'axe (causée par l'usure, la fatigue, ou des contraintes excessives) ;
- Maintenance insuffisante (accumulations de dépôts à l'intérieur ou à l'extérieur, corrosion, ...).

Afin d'évaluer le niveau de confiance, une étude détaillée de fiabilité pourrait être réalisée portant par exemple sur le retour d'expérience disponible, sur une identification exhaustive des possibles causes et modes de défaillance des clapets anti-retour et la mise en œuvre des mesures de contrôle adaptés y compris pour les dégradations liées au vieillissement ou aux modifications de l'installation, sur la justification que le dimensionnement est adapté à l'ensemble des scénarios possibles.

Il faudrait s'assurer que le clapet est dimensionné pour prendre en compte tous les scénarios, qu'il n'y a pas de moyens d'isoler le clapet, que le système est dimensionné pour les pires cas, qu'il n'y a pas de possibilité d'obstruction et en général que les causes de mauvais fonctionnement sont bien identifiées et traitées.

En l'absence d'analyse spécifique, **on peut retenir par défaut un NC = 1, sous réserve de vérifier les critères d'efficacité, indépendance et temps de réponse.**

Pour atteindre un $NC = 2$, en plus de la justification des critères d'efficacité, indépendance et temps de réponse, une étude détaillée pourrait être réalisée portant notamment sur une identification exhaustive des possibles causes et modes de défaillance dans l'installation concernée et la mise en œuvre des mesures de contrôle et procédures d'exploitation adaptés pour maîtriser ces modes de défaillance.

Cette étude détaillée doit également prendre en compte les conditions liées à des fluides particuliers (fluide chargé, corrosif, visqueux, ...).

Il est également possible de justifier un $NC = 2$ à partir d'une évaluation basée sur un solide retour d'expérience quantifié (notion de « validé par l'usage » définie dans le référentiel $\Omega 10$) pour des clapets similaires et dans des conditions d'utilisation équivalentes à ceux du site où le dispositif est mis en œuvre.

5 Tests et maintenance

Un clapet anti-retour est soumis à des contraintes physiques et chimiques liées à son utilisation, au process, à l'environnement, ainsi que potentiellement aux phénomènes de cavitation et de coup de bélier. Ces détériorations peuvent dégrader sa performance. Il est donc essentiel d'assurer un suivi rigoureux dans le cadre d'une politique de tests et de maintenance afin de préserver ses performances dans le temps.

Un autre aspect à considérer est que le coût d'un clapet ne se limite pas à son prix d'achat. Dans certaines applications, les coûts initiaux, comme l'achat et l'installation, peuvent être prédominants. Toutefois, dans d'autres cas, les coûts liés à la maintenance ou à la consommation énergétique (dus, par exemple, à une surconsommation des pompes pour compenser des pertes de charge) peuvent représenter une part plus importante.

Toute intervention, qu'il s'agisse de l'installation, de l'entretien, des réglages, des réparations ou des essais, doit être réalisée en respectant les exigences des normes et procédures applicables.

5.1 Installation et mise en service

L'installation des clapets anti-retour doit faire l'objet d'une procédure adaptée respectant les bonnes pratiques de montage, les instructions des fabricants et la vérification du bon fonctionnement une fois installés.

Chaque clapet est destiné à une application particulière correspondant aux indications portées sur sa plaque signalétique et sur la documentation fournie avec l'appareil. L'installateur doit obligatoirement s'assurer que le clapet qu'il installe est bien celui qui est destiné à l'application et la localisation concernées. Il est important de noter que le clapet anti-retour ne doit pas être employé en tant que système de régulation exigeant un fonctionnement continu ni en tant que vanne d'arrêt.

Avant l'installation, l'intérieur du clapet doit être vérifié pour s'assurer qu'il n'y a pas de particules étrangères à l'intérieur, car ces particules peuvent obstruer le flux régulier du fluide. Par exemple, dans le cas des vannes à battant, déplacer le clapet en l'éloignant de la surface d'appui permet de s'assurer qu'il se déplace librement. Il faut vérifier également que les tuyaux sont propres et exempts de débris avant d'installer le clapet anti-retour.

Lors de l'installation, les correspondances des diamètres et la compatibilité du clapet avec les conditions d'application doivent être vérifiées. La position de montage et le sens de passage du fluide doivent être respectés pour assurer un fonctionnement optimal du système (une flèche est normalement imprimée sur une étiquette séparée ou marquée de façon permanente sur le corps du clapet).

Afin de mettre en œuvre un programme de tests adapté, les besoins d'isolation en amont et en aval du clapet ainsi que le nombre suffisant de points de connexion, doivent être pris en compte dès la phase de conception. Une bonne pratique consiste à installer une vanne d'isolement en amont du clapet anti-retour pour faciliter les opérations de maintenance.

Le positionnement du clapet de non-retour dans la tuyauterie est important. Les fabricants recommandent de l'installer à une distance d'environ cinq diamètres de tuyau par rapport aux tés, coudes ou autres robinets pouvant générer des turbulences.

Enfin, il est nécessaire de tester son bon fonctionnement. Si le fluide est bloqué lors de l'essai, il convient de vérifier à nouveau le sens d'installation du clapet. En cas de fuite ou d'autre problème, l'utilisateur pourra se référer aux recommandations du fabricant.

5.2 Maintenance

Les clapets anti-retour sont conçus avec peu de pièces mobiles, ce qui réduit l'usure. La simplicité de ce type de vanne entraîne un besoin de maintenance moins élevé par rapport aux systèmes de vannes plus complexes. Dans les industries où les temps d'arrêt représentent une perte financière importante, comme dans la production de pétrole et de gaz ou la fabrication, la caractéristique de faible maintenance des clapets anti-retour garantit une exploitation continue et minimise les risques d'arrêt imprévu.

Toutefois, l'entretien des clapets est essentiel pour assurer son bon fonctionnement et identifier des potentiels défaillances (tel que démontré dans [4]). La maintenance périodique consiste principalement en une inspection visuelle régulière pour identifier tout signe d'usure ainsi que des fuites, fissures et autres dommages au niveau du clapet et des tuyauteries autour. Un nettoyage régulier peut également

être conseillé pour les garder exempts de débris, de saleté et d'autres contaminants qui peuvent réduire leur performance.

Des tests réguliers sur banc pour vérifier leur étanchéité, leurs mécanismes d'ouverture et de fermeture, ainsi que leurs performances globales dans différentes conditions de pression permettent de confirmer l'intégrité opérationnelle du clapet et d'identifier les problèmes potentiels avant qu'ils n'entraînent une défaillance.

Les procédures de test peuvent inclure des essais hydrostatiques, des essais à basse pression ou haute pression. Leur mise en œuvre requiert des équipements et instruments spécifiques (manomètres, débitmètres, ...). Des bancs d'essai spécialisés peuvent être utilisés pour simuler diverses conditions de fonctionnement et évaluer les performances des clapets dans différents scénarios.

De plus, des méthodes de contrôle non destructif peuvent être utilisées pour examiner la structure interne du clapet sans démontage, permettant de détecter de fuites internes en utilisant diverses techniques pour suivre les mouvements du disque et les bruits générés par les composants (contrôles par ultrasons, inspections par détection acoustique ou radiographiques). De même, l'imagerie thermique peut être utilisée pour détecter les variations de température pouvant indiquer des fuites ou des zones de frottement accru au sein du clapet.

Si une fuite au niveau du siège est suspectée, le clapet devra faire l'objet d'une révision complète. Cette opération doit être réalisée conformément aux instructions de maintenance pertinentes.

Les opérations de démontage, de maintenance, de remontage et de réglage ne doivent être entreprises que par des opérateurs formés et compétents disposant de moyens adaptés et équipés d'instruments de mesure adéquats. Les clapets anti-retour ne peuvent être mis hors fonction que lorsque l'on s'est assuré que le système est protégé par d'autres dispositifs de sécurité ou est hors service.

La question de la fréquence des révisions périodiques doit être examinée pour chaque application individuellement, en raison des conditions de fonctionnement et du process : nature et phase du fluide, environnement, pression, température, nombre de sollicitations. Par exemple, les fluides corrosifs, agressifs ou abrasifs entraînent une usure prématurée et donc des intervalles de maintenance réduits. C'est pourquoi les intervalles de maintenance doivent être fixés à partir des préconisations fournies par le fabricant et des résultats d'une analyse de risque adaptée aux spécificités de l'installation.

5.3 Gestion des modifications

Toute modification du système d'exploitation, des paramètres associés ou du matériel doit faire partie d'un processus spécifique. La modification d'un système de protection ne peut être entreprise que dans le cadre d'un processus de gestion de modifications basé sur une analyse d'impact et réalisée par du personnel formé et compétent. Par exemple, dans le cadre de la Directive 2014/34/UE, une modification du dispositif requiert une mise à jour du certificat CE de type (avec ou sans essai, selon la modification) par un organisme notifié.

En fonction de la phase du cycle de vie (conception, fabrication, qualification, exploitation et maintenance), la responsabilité du suivi de ces modifications peut être transférée du concepteur à l'utilisateur. L'objectif est de s'assurer que les modifications sont correctement revues et approuvées de manière à s'assurer que l'intégrité de sécurité prescrite est maintenue.

6 Liste des sources utilisées

- [1] AVK - An Introduction to Non-Return Valves and the Importance of Correct Selection. Consulté en décembre 2024. Disponible sur le site <https://www.avkuk.co.uk/en-gb/case-studies/check-valve-technical-introduction>
- [2] Ineris. « Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - OMEGA 20 » (2009). Disponible sur le site <https://www.ineris.fr>
- [3] Ineris. « Evaluation de la performance des barrières techniques de sécurité - OMEGA 10 » (2018). Disponible sur le site <https://www.ineris.fr>
- [4] K.L. McElhaney. « An analysis of check valve performance characteristics based on valve design. » Nuclear Engineering and Design 197 (2000), pp. 169-182.
- [5] Tameson. Clapet anti-retour - Principe de fonctionnement. Consulté en décembre 2024. Disponible sur le site <https://tameson.fr/pages/clapets-anti-retour-leur-fonctionnement>

