



Maîtrise du vieillissement des installations industrielles : comparaison des politiques en France et dans 4 pays étrangers

Ahmed Adjadj, Valérie de Dianous, Olivier Dolladille, Gaëtan Prod'Homme,
Mathieu Reimeringer

► To cite this version:

Ahmed Adjadj, Valérie de Dianous, Olivier Dolladille, Gaëtan Prod'Homme, Mathieu Reimeringer. Maîtrise du vieillissement des installations industrielles : comparaison des politiques en France et dans 4 pays étrangers. Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Lambda-Mu 17, Oct 2010, La Rochelle, France. pp.Comm 2E-3. ineris-00973590

HAL Id: ineris-00973590

<https://ineris.hal.science/ineris-00973590>

Submitted on 4 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MAITRISE DU VIEILLISSEMENT DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES : COMPARAISON DES POLITIQUES EN FRANCE ET DANS 4 PAYS ETRANGERS

CONTROL OF AGEING OF INDUSTRIAL FACILITIES: COMPARISON OF THE POLICIES IN FRANCE AND IN 4 FOREIGN COUNTRIES

Ahmed Adjadj, Valérie de Dianous, Olivier Dolladille, Gaëtan Prodhomme et Mathieu Reimeringer
INERIS

Parc technologique Alata, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte

Téléphone : +33(0)3 44 55 69 13, fax : +33(0)3 44 55 69 55, valerie.dedianous@ineris.fr

Résumé

Suite à des accidents récents en lien avec le vieillissement des installations industrielles, le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) a lancé fin 2008 un plan d'action destiné à terme à améliorer la maîtrise du vieillissement des installations. Dans ce cadre l'INERIS a réalisé une étude comparative des politiques de suivi en France et dans quatre pays (Pays-Bas, Allemagne, Royaume-Uni et Etats-Unis). L'étude s'est concentrée sur les équipements suivants : équipements sous pression, bacs de stockage, autres équipements dangereux non soumis à la réglementation des équipements sous pression, systèmes instrumentés de sécurité, génie civil. Dans un même pays, la réglementation n'apporte pas de réponse exhaustive à la maîtrise du vieillissement de l'ensemble des équipements. Mais la synthèse des exigences des différents pays peut permettre de définir un socle commun pour le suivi. Les réglementations sont complétées par des guides professionnels qui apportent des réponses différentes en fonction de la nature et de la structure des sites. Cet article présente les résultats de cette étude comparative en présentant les grands principes retenus pour le suivi par type d'équipements.

De manière générale, la maîtrise du vieillissement doit inclure différents sujets (dont identification des équipements à inspecter, définition des zones sensibles, choix de la technique de contrôle la plus appropriée selon le mode de dégradation, nature et fréquence des inspections, détermination de critères d'acceptabilité et évaluation des durées de vie résiduelles...). Concernant l'organisation, certains aspects peuvent être améliorés (coopération entre les services, meilleur retour d'expérience, gestion des compétences, transparence dans les décisions...).

En France, le plan d'actions a permis d'identifier des axes de progrès pour les différents équipements conduisant à une trentaine de mesures formalisées dans le Plan de Modernisation. Parmi ces mesures, un 8^{ème} volet a été ajouté au SGS incluant l'identification des équipements à inclure dans un plan d'inspection, un état initial pour les équipements sera réalisée, des guides professionnels pour l'inspection des différents équipements seront rédigés, les impacts environnementaux seront mieux intégrés... Ces mesures permettront une meilleure maîtrise du vieillissement et une prévention des accidents liés au vieillissement.

Summary

Following recent accidents due to ageing of equipment, the Ministry of Ecology and Sustainable Development launched at the end of year 2008 an action plan with the view to improving control of ageing of industrial facilities. In this frame, INERIS performed a comparative study in France and in four countries (the Netherlands, the United Kingdom, Germany and the United States). The study focused on the following types of equipment: pressure equipment, storage tanks, other vessels or pipes not subjected to pressure regulations, safety instrumented systems, civil works. In none of the compared countries, regulation does provide an exhaustive answer to control of ageing for the whole panel of equipment. Regulations are completed by professional guides that provide different answers according to the size and nature of the industrial site. This paper presents the results of this comparative study presenting the general principles of control of ageing for each type of equipment.

Generally speaking, some main topics have to be included in the control of equipment (identification of the equipment to be inspected, definition of sensible areas, choice of the relevant non destructive technique, type and frequencies of inspections, definition of acceptability criteria, and evaluation of the remaining life time...). Regarding the organization of the companies, some aspects have to be improved (importance of the feedback, of the cooperation between the services, of the competencies, transparency in the decisions...).

In France proposals for improvement of the control of ageing have been included in the "Modernization Plan" in January 2010 through 38 actions. Among them, a new topic in the safety management system including identification of the equipment to be included in an inspection plan will be added, professional guides for inspection of the different equipment will be issued, impact on environment will be more taken into account.... These measures will contribute to a better control of ageing and to an efficient prevention of the accidents due to ageing.

1. INTRODUCTION

Beaucoup d'installations industrielles en France ont été mises en service il y a plus de trente ans. Le renouvellement partiel des installations a parfois été mis en œuvre pour répondre à des exigences de production, de rentabilité ou de sécurité. Cependant, beaucoup d'équipements sont en service depuis de nombreuses années, posant ainsi le problème de la maîtrise de leur vieillissement.

L'accidentologie récente dans les installations industrielles françaises a rappelé que le vieillissement des installations nécessitait la mise en place d'un suivi rigoureux des équipements permettant d'assurer le maintien de leur intégrité. Suite à ces accidents, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) a donc lancé fin 2008 un plan d'actions sur la maîtrise du vieillissement des installations industrielles. Le plan d'actions s'est concentré sur les équipements suivants : équipements sous pression, bacs de stockage, autres équipements dangereux non soumis à la réglementation des équipements sous pression, équipements électriques et systèmes instrumentés de sécurité, accessoires de sécurité, génie civil. Ce plan d'actions a impliqué l'administration, les industriels et les experts. Dans ce cadre, l'INERIS a été missionné pour réaliser une étude comparative des méthodes de gestion du vieillissement des équipements en France et dans quatre pays étrangers (Pays-Bas, Allemagne, Royaume-Uni et Etats-Unis).

L'objectif de cette mission est d'une part une comparaison des méthodes et réglementations appliquées en France avec celles mises en œuvre à l'étranger et d'autre part la mise en lumière des difficultés et des bonnes pratiques de suivi en vue d'améliorer la politique de suivi en France.

Pour mener à bien sa mission, l'INERIS s'est appuyé sur cinq sources d'informations :

- une analyse bibliographique des guides professionnels, des normes et des réglementations ;
- une enquête réalisée par Eu-VRI¹ sur les pratiques internationales dans les quatre pays étrangers ciblés ;
- un retour d'expérience sur divers accidents ayant pour origine le vieillissement des structures ;
- les visites organisées chez certains industriels en France (raffineries, dépôts de liquides inflammables, sites emplaceurs des GPL et usines chimiques) ;
- les échanges avec des organismes experts (nationaux et étrangers) et les échanges dans les groupes de travail nationaux mis en place par le ministère sur le thème du vieillissement.

L'étude a souligné que les méthodologies d'inspection dans les différents pays présentaient des similitudes mais aussi quelques particularités. Les résultats sont présentés dans trois rapports^{[1],[2],[3]}.

Le plan d'action lancé fin 2008 a conduit au plan de modernisation des installations début 2010.

Cet article comprend les chapitres suivants :

- considérations générales sur la maîtrise du vieillissement,
- comparaison des méthodologies de suivi dans les 5 pays,
- actions définies dans le plan de modernisation.

2. CONSIDERATIONS GENERALES SUR LA MAITRISE DU VIEILLISSEMENT

2.1 Définition du vieillissement

Le vieillissement est un processus de dégradations physique ou chimique par lequel les caractéristiques d'un système, structure ou composant se modifient graduellement avec le temps ou l'utilisation. Il se traduit par une altération des performances. Il s'agit d'un phénomène continu et progressif qui dépend d'un grand nombre de facteurs :

- Les conditions d'environnement,
- le temps de fonctionnement,
- les propriétés des matériaux,
- le régime d'exploitation,
- ...

La maîtrise du vieillissement d'une installation industrielle nécessite de :

- identifier, détecter, évaluer et hiérarchiser les principaux vecteurs de vieillissement,
- prendre les mesures nécessaires afin de les atténuer, les différer ou les supprimer.

Dans ce processus de maîtrise du vieillissement, il faut distinguer :

- Les matériels qui suivent des programmes de maintenance préventive, afin de maintenir un taux de défaillance sensiblement constant. Ces matériels font l'objet d'une approche dite fiabiliste du vieillissement. Leur taux de défaillance évolue généralement suivant la classique « courbe en baignoire » (Figure 1).

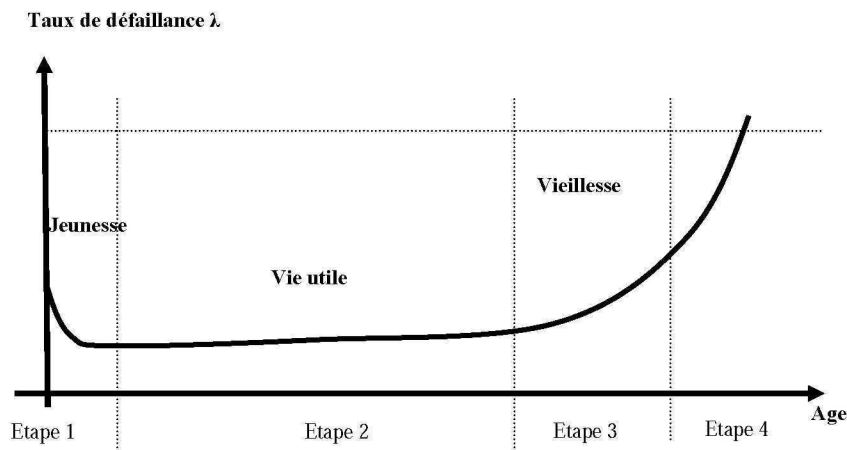


Figure1 : Approche fiabiliste : évolution du taux de défaillance des matériels

¹ European Virtual Institute, groupement d'intérêt économique européen fondé par l'INERIS et quatre autres partenaires

- Les matériels qui vont vieillir naturellement et se dégrader plus au moins rapidement en fonction du phénomène physique dominant qui les affecte. Ils sont inspectés ou surveillés régulièrement. Ces matériels font l'objet d'une approche dite physique du vieillissement caractérisée par l'évolution de leur état de dégradation.

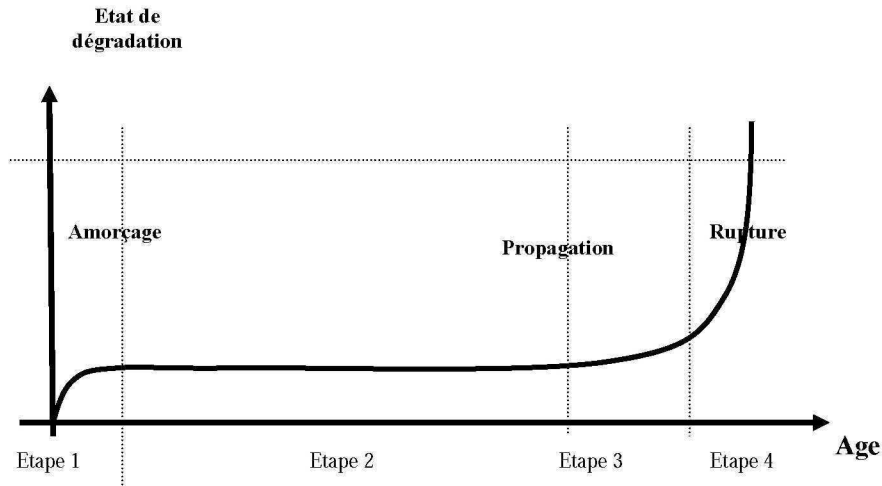


Figure 2 : Approche physique : évolution de l'état de dégradation des matériels

L'analyse de ces deux visions du vieillissement nécessite un retour d'expérience. Le retour d'expérience est un élément stratégique incontournable dans la maîtrise du vieillissement des installations industrielles.

2.2 Objectifs de la maîtrise du vieillissement

La maîtrise du vieillissement répond à deux objectifs :

- Un objectif de sécurité : le contrôle du vieillissement doit permettre de prévenir les accidents pouvant impacter les personnes ou l'environnement en évitant les pertes de confinement sur les équipements dangereux et en garantissant la fiabilité des équipements importants pour la sécurité (dispositifs de sécurité, systèmes instrumentés de sécurité...) ;
- Un objectif économique : l'indisponibilité d'un équipement peut conduire à des pertes d'exploitation importantes. Des opérations de maintenance, incluant des inspections périodiques, doivent prévenir ces arrêts. Cependant, une optimisation de ces opérations de maintenance est nécessaire, car elles représentent également un coût.

Des méthodes d'optimisation sont donc mises en œuvre. Ces méthodes, appelées RBI (Risk Based Inspection) sont basées sur le risque et prennent ainsi en compte les probabilités d'occurrence des événements redoutés et les conséquences potentielles. Les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la gravité des conséquences sont l'impact sur les populations, l'environnement, les coûts et parfois l'impact en terme d'image de marque. Sont ainsi définies les méthodes de suivi et les fréquences associées. L'avantage de ces méthodes est de pouvoir prioriser les actions de suivi, ce qui est tout particulièrement pertinent pour les installations comportant un grand nombre d'équipements.

La maîtrise du vieillissement repose sur une démarche comprenant trois grandes phases :

- **Phase 1** : identification des composants critiques pour lesquels une étude de vieillissement est nécessaire

Cette identification des composants importants doit reposer à la fois sur l'expertise et le retour d'expérience et sur les études de sûreté / sécurité.

- **Phase 2** : évaluation du vieillissement pour ces composants importants, en 2 étapes
 - Le recueil des informations nécessaires dans un dossier équipement.
Ce dossier équipement doit comprendre les données de conception, les données de matériaux et de leurs propriétés, les conditions d'exploitation, les conditions extérieures, les objectifs de sûreté de fonctionnement alloués au composant, l'historique de maintenance et de surveillance et d'inspection, les données de retours d'expérience sur des matériels analogues / similaires, ...
 - La compréhension du vieillissement et son évolution.
L'objectif est de déterminer le mécanisme de dégradation responsable, mais aussi les facteurs d'influences. Cette analyse n'est pas toujours facile à mener par manque d'information (incomplète et/ou indisponible).
- **Phase 3** : mise en œuvre de parades adéquates pour la maîtrise du vieillissement, tels que :
 - l'inspection (qui peut être visuelle ou qui peut consister en des contrôles non destructifs ou des opérations de ré-épreuve...) ;
 - la surveillance en ligne, généralement fondée sur le suivi d'un paramètre physique caractéristique du vieillissement (suivi du pH, de la pression, etc...) ;
 - la surveillance des indicateurs de fiabilité : une évolution défavorable de ces indicateurs peut indiquer un vieillissement.

Ces démarches doivent pouvoir détecter, à temps, une dégradation afin que l'on puisse intervenir avant qu'elle ne dégénère en perte de fonction. Elles doivent être suffisamment fiables, précises et efficaces. Selon les résultats des contrôles, on sera amené à statuer sur le maintien de l'équipement (il peut rester en toute sécurité pour une durée fixée) ou des opérations seront nécessaires (le remplacement de l'équipement ou la rénovation / réparation de l'équipement ou le changement des conditions d'exploitation).

3. COMPARAISON DES METHODES DE SUIVI DANS LES 5 PAYS ETUDIES

3.1 Aperçu des différentes politiques de suivi

L'étude réalisée par l'INERIS a souligné que la maîtrise du vieillissement des installations était considérée comme un sujet important de préoccupation dans les 5 pays étudiés (France, Pays-Bas, Angleterre, Allemagne et Etats-Unis).

Des réglementations définissent des exigences générales. L'administration est chargée de veiller au respect de ces exigences. Les industriels sont responsables de la mise en œuvre des moyens permettant de répondre à ces exigences. Des normes et des guides professionnels peuvent fournir des outils pour la définition de ces moyens.

En Europe, la Directive Seveso et les directives liées à la sécurité et à la santé des travailleurs au travail définissent les exigences concernant le suivi des équipements. Les aspects que les exploitants doivent mettre en œuvre sont la maintenance des installations, les inspections périodiques, le recours à des personnes compétentes pour la réalisation de ces contrôles, la rédaction de rapports d'inspections... Cependant, ces exigences ne sont pas toujours respectées sur les sites industriels.

La Directive Equipement Sous Pression donne un cadre européen pour la conception, la fabrication et la mise sur le marché des équipements sous pression. Mais l'aspect suivi n'est pas abordé. Ce sont les transpositions nationales qui abordent cet aspect.

Au niveau européen, le projet RIMAP cherche à promouvoir des inspections basées sur le risque. Les résultats du projet sont déclinés en norme européenne.

Aux Etats-Unis, le Federal Code of Regulation CFR 29 1910-111 traite spécifiquement du management de l'intégrité des installations. L'industriel reste responsable des moyens mis en œuvre. La maîtrise de l'intégrité des équipements dangereux passe par la définition de plans d'inspections, la réalisation d'inspections périodiques, la rédaction de rapports et le recours à des personnes compétentes. Des guides professionnels sont recommandés dans la réglementation. Pour les stockages de liquides inflammables, le Federal Code of Regulation CFR 40 aborde la protection de l'environnement avec les mêmes exigences.

3.2 Méthodologies de suivi des différents types d'équipements

3.2.1 Equipements sous pression

Les inspections périodiques sur les équipements sous pression sont obligatoires dans les 5 pays étudiés. En fonction de la taille et de la pression de fonctionnement, les inspections incluent des contrôles externes et internes pour les capacités et uniquement externes pour les tuyauteries. Ces contrôles incluent des contrôles non destructifs, des inspections des accessoires de sécurité et des tests de résistance à la pression.

Les périodicités des contrôles externes et internes varient beaucoup selon les pays, de 2 ans à 18 ans. Les paramètres définissant ces périodes sont la dangerosité de l'équipement, la connaissance de l'équipement et de ses modes de dégradation et les méthodes employées (méthodes basées sur le risque ou réglementation prescriptive). Les tests de pression peuvent être remplacés par d'autres techniques (sauf en France où ils restent obligatoires et où ils prennent le plus souvent la forme de test de pression hydraulique). Les contrôles sont généralement moins sévères pour les tuyauteries (moins fréquents, moins de tests de pression) que pour les récipients. Mais le plan d'inspection des tuyauteries doit être réalisé ou au moins validé par un organisme compétent.

On rencontre deux grands principes de politiques de suivi :

- Les réglementations prescriptives qui imposent des exigences précises en termes de nature et périodicité des contrôles que les industriels doivent suivre avec peu de souplesse possible sur la mise œuvre. La France, l'Allemagne et les Pays-Bas ont ce type de réglementation. Cependant ces réglementations ont évolué récemment vers des réglementations plus souples, autorisant des méthodes de suivi basées sur le risque. Par exemple en France^{[4],[5]}, un régime plus flexible est possible sous réserve du respect d'exigences concernant l'organisation des services d'inspection (indépendance, compétence...) et le suivi de guides professionnels (UIC/UFIP DT32^[6] et DT84^[7]) approuvés par le Ministère français. Ces guides définissent des inspections basées sur le risque pour les sites disposant de Service d'Inspection Reconnue.
- Les réglementations par objectifs qui définissent des exigences générales. L'industriel est responsable du management de l'intégrité des équipements. Des guides professionnels (ACOP^[8] au royaume-Uni, API aux Etats-Unis) leur permettent de satisfaire les exigences générales. Les modalités des contrôles dépendent finalement des sites et des équipements. Des méthodes basées sur le risque sont souvent utilisées (comme API RBI 580/581^{[9],[10]}) dans les grosses industries chimiques et pétrochimiques.

Quelle que soit la réglementation, les exigences générales incluent la responsabilité de l'exploitant, la compétence des personnes réalisant les contrôles, la rédaction d'un plan d'inspection précisant d'une part quels équipements font l'objet d'un suivi, et d'autre part la nature et la périodicité des contrôles effectués, la rédaction d'un rapport d'inspection et la rédaction d'un plan d'actions suite aux contrôles effectués.

Des guides professionnels constituent des outils utiles pour définir les plans d'inspection (par exemple SAFed guides^{[13],[14]}, Institute of Petroleum codes au Royaume-Uni, API 570^[12], API 510^[11] aux Etats-Unis, UIC/UFIP DT32^[6] et DT84^[7], guides AFIAP ou AQUAP en France...).

Lorsque des méthodes basées sur le risque sont utilisées, elles nécessitent une grande compétence et une grande connaissance des équipements et des modes de dégradation. Lorsque des méthodes RBI sont utilisées, la mise en œuvre varie d'un site à l'autre. En effet chaque industriel a développé sa propre méthode d'évaluation de la probabilité d'occurrence et de la gravité des événements redoutés. De ce fait, les autorités ont parfois du mal à juger du bien-fondé des contrôles réalisés (nature et périodes).

Le tableau 1 compare les périodes d'inspection des différents pays pour les capacités sous pression :

	France		UK	USA		Pays-Bas			Allemagne
	Base	SIR	Base	API	RBI	Base	Etendu	Flexible	Base
Inspection externe	IP : 40 mois RP : 36, 60 ou 120 mois (*)	selon plan IP : Maxi 60 ou 72 mois RP : maxi 120 ou 144 mois	selon plan Guide : 24 à 144 mois	60 mois	Pas d'intervalle maxi	48 à 72 mois	96 à 144 mois	16 à 18 ans RBI validé par Ministère Travail	24 mois (plafond modulable)
Inspection interne Sauf cas particulier	IP : 40 mois RP : 36, 60 ou 120 mois (*)	selon plan IP : Maxi 60 ou 72 mois par SIR RP : maxi 120 ou 144 mois	selon plan Guide : 24 à 144 mois	120 mois maxi ou "on stream" par CND	Pas d'intervalle maxi	48 à 72 mois Peut être remplacée par CND	96 à 144 mois	16 à 18 ans RBI validé par Ministère Travail	60 mois
Examen - vérification accessoires de sécurité	IP : 40 mois RP : 36, 60 ou 120 mois (*)	selon plan IP : maxi 60 ou 72 mois RP : Maxi 120 ou 144 mois	selon plan au moins aussi souvent que réservoirs	Soupapes : Maxi 60 mois	Pas d'intervalle maxi	Même fréquence équipement			Oui
Epreuve hydraulique Test de pression	RP : 30, 60 ou 120 mois (*) (**)	selon plan RP : Maxi 120 ou 144 mois (**)	Peut être remplacé par CND	Peut être remplacé par CND	/	Peut être remplacé par CND			120 mois (plafond modulable) Peut être remplacé par CND

(*) Dépend de la nature de la substance contenue (caractère toxique et/ou corrosif)

(**) Le test de pression est requis selon conditions sur Pression et Volume

Rappel : IP = Inspection Périodique – RP : Requalifications Périodiques – CND = Contrôle Non destructifs – SIR = Service Inspection Reconnu

Tableau 1 : Réservoirs sous pression – Comparaison des intervalles entre inspections selon les pays

Le tableau 2 compare les périodes d'inspection des différents pays pour les tuyauteries sous pression :

	France		UK	USA		Pays-Bas			Allemagne
	Base	SIR	Base	API	RBI	Base	Etendu	Flexible	Base
Inspection externe + examen accessoires sécurité	Programme à établir Inspection + validation plan : 36, 60 ou 120 mois (**) (Pour "gros piping")	selon plan d'inspection A faire par SIR Validation plan : Maxi 120 ou 144 mois (Pour "gros piping")	selon Plan Guide : 24 à 144 mois	60 à 120 mois	Pas d'intervalle maxi	48 à 72 mois Par "OH"	96 à 144 mois	16 à 18 ans RBI validé par Ministère Travail	60 mois (plafond modulable)
Epreuve hydraulique Test de pression (pour suivi en service)	Dispense d'épreuve hydraulique	Dispense d'épreuve hydraulique	Dispense d'épreuve hydraulique	Dispense d'épreuve hydraulique	/	Peut être remplacé par CND	Peut être remplacé par CND	Peut être remplacé par CND	60 mois (plafond modulable) Peut être remplacé par CND

(*) : Dépend de la nature de la substance contenue (caractère toxique et/ou corrosif)

Note : on entend par personne compétente une organisation jugée compétente (en pratique en France, fait généralement par les OH, au Royaume-Uni par des organismes accrédités)

Rappel : IP = Inspection Périodique – RP : Requalifications Périodiques – CND = Contrôle Non destructifs – SIR = Service Inspection Reconnu

Tableau 2 : Réservoirs sous pression – Comparaison des intervalles entre inspections selon les pays

3.2.2 Stockages atmosphériques

La réglementation sur le suivi des réservoirs de stockage atmosphériques est moins prescriptive que la réglementation de suivi des équipements de pression. Dans les cinq pays étudiés, le directeur du site industriel est responsable de l'intégrité de ses équipements. Les réglementations les plus prescriptives imposent une périodicité maximale entre deux inspections démontrant l'intégrité globale du réservoir (visite interne ou méthode équivalente). Plus généralement, l'utilisation d'un guide spécifique d'inspection tel que l'EEUMA 159 [22], l'API 653 [23] ou l'UFIP 2000 [21] peut être imposé. Une telle diversité dans les réglementations entraîne la mise en application de méthodes d'inspection variables d'un pays à l'autre et également d'un site à l'autre dans un même pays. Plusieurs événements accidentels récents ont montré que certaines des méthodes d'inspection employées pour les réservoirs atmosphériques, dans les industries de la pétrochimie, ne sont pas toujours suffisantes pour assurer l'intégrité des équipements de stockages atmosphériques.

L'étude réalisée a dégagé une méthode générale commune que l'on retrouve chez tous les exploitants comme dans tous les guides étudiés.

En premier lieu, une articulation de l'inspection en plusieurs étapes complémentaires semble nécessaire pour assurer un suivi quasi-permanent des bacs tout au long de leur utilisation:

- Des rondes fréquentes doivent permettre de détecter les anomalies majeures visibles de l'extérieur, de surveiller la dégradation progressive des anomalies connues et de détecter les fuites éventuelles au niveau de la robe et en pied de bac ;
- Une inspection externe en marche doit permettre de contrôler l'ensemble des points sensibles externes par le biais de contrôles visuels qui peuvent être complétés par des techniques de CND. Cette inspection doit également permettre de suivre l'évolution de la corrosion en mesurant la perte d'épaisseur des tôles de la robe par le biais de techniques de CND adaptées ;
- Une inspection interne poussée à l'ouverture doit permettre d'établir un diagnostic complet de l'état du bac en utilisant l'ensemble des méthodes de CND appropriées.

Les fréquences doivent être adaptées en fonction du risque lié au stockage, de la connaissance du stockage et des résultats d'inspections préalables. Selon le contexte et de façon complémentaire, d'autres inspections et contrôles peuvent être réalisés. Le tableau suivant résume les types de contrôles et les fréquences associées pour les trois principaux guides étudiés.

	EEMUA 159 ^[22] : Users' guide to the inspection and repair of aboveground vertical cylindrical steel storage tanks ^I					API 653 ^[23] – Tank inspection, repair, alteration and reconstruction ^{II}			Guide UFIP ^[21]			
Champ application	Réservoirs atmosphériques et réservoirs réfrigérés					Réservoirs atmosphériques contenant des produits pétroliers			Réservoirs atmosphériques contenant des produits pétroliers			
Nature des contrôles	Contrôles de routine Inspection externe Inspection interne Test hydrostatique suite à réparation					Contrôles de routine Inspection visuelle externe Mesures d'épaisseur ultrasons de la robe Inspection interne Test hydrostatique suite à réparation			Contrôles de routine Inspection visuelle externe Mesures d'épaisseur ultrasons de la robe Contrôle par émissions acoustiques Inspection interne Test hydrostatique suite à réparation			
Intervalle maximal entre inspections		Chauffé ou calorifugé	Pétrole brut	Pétrole léger	Pétrole lourd		Cinétique de dégradation (N) connue	Cinétique de dégradation inconnue		Température ambiante	Réchauffé	
	Routine	3 mois **	3 mois **	3 mois **	3 mois **	Routine	1 mois	1 mois	Routine	Régulière	Régulière	
	Externe	3 ans **	5 ans **	5ans **	8 ans **	Externe :	RCA/(4*N) ou 5 ans	5 ans	Externe	Assise Revêtement	1 à 3 ans	1 à 3 ans
	Interne	6 ans **	8 ans **	10 ans **	16 ans **	Ultrasons externes	RCA/(2*N) ou 15 ans	5 ans		Ultrasons	3 à 5 ans	2 à 3 ans
						Interne :	RCA/ N et 20 ans	10 ans		Emissions acoustiques	0 à 10 ans	0 à 10 ans
								Interne	Pas de limite	Max 20 ans		
Examen accessoires	Oui, à chaque inspection					Oui, à chaque inspection			Oui, à chaque inspection			

RCA : épaisseur résiduelle = épaisseur dernier contrôle – épaisseur minimale requise par le code – N : taux de corrosion par an
(*) : Ces fréquences sont à considérer dans le cas où il n'y a pas de méthode RBI mise en place. Dans un tel cas, les limites sont fixées par la méthode.
(**) L'ensemble des fréquences est donné pour un climat tempéré. Le guide donne également des valeurs pour des climats tropicaux ou désertiques.

*RCA : épaisseur résiduelle = épaisseur dernier contrôle – épaisseur minimale requise par le code – N : taux de corrosion par an
(*) : Ces fréquences sont à considérer dans le cas où il n'y a pas de méthode RBI mise en place. Dans un tel cas, les limites sont fixées par la méthode.
(**) L'ensemble des fréquences est donné pour un climat tempéré. Le guide donne également des valeurs pour des climats tropicaux ou désertiques.*

Tableau 3 : Réservoirs atmosphériques – Guides majoritairement utilisés au Royaume-Uni, Pays Bas (EEMUA), aux USA (API) et en France (Guide UFIP)

En pratique, l'étendue et la nature des contrôles restent très variables d'un site à l'autre et plusieurs points prêtent à divergence. L'analyse de l'accidentologie et des guides associée à l'étude menée sur le terrain ont permis de mettre en avant plusieurs points clés dans le suivi des bacs atmosphériques. Ils sont résumés ci-dessous :

- L'accidentologie montre que :
 - Les bacs de pétrole brut sont victimes d'une corrosion plus importante que les autres produits en raffinerie ;
 - L'instabilité géométrique de l'assise du réservoir peut être une cause de défaillance majeure.
- L'analyse des méthodes d'inspection (guides, réglementations, pratiques) a montré que :
 - Le principe des trois étapes d'inspection (ronde, visite externe et visite interne) est repris dans l'ensemble des référentiels et doit permettre d'assurer un suivi fiable des réservoirs.
 - Ces inspections doivent permettre la mise en œuvre de méthodes de contrôle adaptées au stockage, à ces conditions d'exploitation et aux résultats des inspections précédentes.
 - Toute modification doit être prise en compte dans les choix liés à l'inspection. En particulier, la maintenance et les changements de conditions opératoires doivent faire l'objet d'un suivi permanent.
- L'ensemble des informations récoltées a permis de mettre en avant plusieurs remarques importantes :
 - Le contrôle des fondations, de l'assise et des aspects géométrique des réservoirs ne doit pas être négligé ;
 - Les contrôles par émission acoustique doivent être considérés avec plus de précautions qu'actuellement quant à leur mise en place et l'exploitation de leurs résultats ;

- Les revêtements anti-corrosions doivent faire l'objet d'une attention particulière lors de leur application.

Pour les prochaines années, plusieurs exploitants s'orientent progressivement vers des méthodes de type RBI en adaptant les méthodes éprouvées pour le suivi des appareils sous pression aux spécificités des réservoirs atmosphériques.

3.2.3 Capacités et tuyauteries non soumises à la réglementation des équipements sous pression

Malgré les réglementations européennes concernant la santé des travailleurs et les substances dangereuses, le contrôle des équipements non soumis à la réglementation des équipements sous pression est perçu par les industriels comme un "suivi volontaire". Parfois des contrôles sont effectués, basés sur le risque ou la gravité. Mais souvent aucun contrôle n'est effectué.

Les manques suivants ont été relevés comme communs :

- absence d'identification de plans d'inspection précisant les équipements à contrôler ;
- absence de critères définissant quels équipements retenir ; il y a un lien insuffisant entre les études de dangers et les plans d'inspection ;
- absence d'informations sur les équipements permettant l'élaboration des plans d'inspection (identification des équipements, codes de construction utilisés, historique des réparations, modifications, isométriques) ; ce manque d'informations est particulièrement vrai pour les tuyauteries construites avant les années 70 ;
- absence de plans d'inspections définissant la nature et les périodes des contrôles (contrôles externes et/ou internes, préparation des équipements pour les contrôles, nature des contrôles non-destructifs à mettre en œuvre en fonction des modes de dégradation, champ des inspections (fondations à inclure...), et absence de référence précisant comment le plan est élaboré (utilisation de guides professionnels...) ;
- compétence insuffisante des personnes élaborant les plans d'inspection ou les réalisant ;
- absence ou qualité insuffisante des rapports d'inspection ;
- aucune transparence sur les critères d'acceptabilité définissant notamment les actions à mettre en place après les inspections ;
- contrôle insuffisant des administrations.

Il apparaît que ces équipements doivent être contrôlés comme des équipements « soumis à contrôle volontaire » en fonction des effets potentiels sur les personnes et l'environnement. L'étude a souligné que le paramètre « environnement » était bien souvent occulté. Par exemple, dans les raffineries en France, peu de tuyauteries à l'extérieur des unités sont identifiées comme critiques. Suite à des accidents récents, des sociétés ont décidé de développer des approches RBI aux « off-sites ».

3.2.4 Systèmes de sécurité instrumentés

Le benchmark a montré que les modalités de suivi des équipements électriques et des systèmes instrumentés de sécurité sont très similaires d'un pays à l'autre et conformes aux pratiques françaises :

- L'exploitant est responsable de l'identification des composants à suivre.
- Les équipements installés sur site répondent de plus en plus aux exigences de la norme CEI 61511 et les inspections suivent donc les spécificités techniques définies dans cette norme.
- Des tests fonctionnels (portant sur la boucle complète de sécurité) sont réalisés régulièrement, à des fréquences définies par les exploitants ou sur recommandations des constructeurs ; ceux-ci sont réalisés par des services spécialisés instrumentation ou maintenance ou encore par les fournisseurs (détecteurs gaz et flamme) ; parfois, les fréquences sont définies par les exigences de sûreté de fonctionnement. Les périodicités des tests fonctionnels sont souvent calées sur celles des équipements sur lesquels ils sont montés (cas des vannes de sécurité).
- Lorsque les systèmes de sécurité sont montés sur des équipements sous pression, ils doivent suivre de plus les exigences de suivi des accessoires de sécurité montés sur les ESP.
- Il y a enregistrement des rapports de tests.
- Les autorités compétentes vérifient régulièrement que les essais et tests ont été réalisés.
- Des équipements nouveaux non éprouvés ne sont pas mis en service avant d'avoir été éprouvés ;

Il fait également apparaître que le matériel n'est pas changé systématiquement selon un critère de durée de fonctionnement, mais selon les résultats des tests. Des réparations ou des modifications peuvent être effectués si nécessaire, selon les résultats des inspections.

3.2.5 Génie civil

Le benchmark s'est principalement intéressé aux ouvrages de génie civil que sont les cuvettes de rétention et les fondations de bacs atmosphériques.

Les pratiques relevées communes à l'ensemble des pays sont :

- Il n'y a pas de réglementation spécifique à l'inspection du génie civil qui est souvent réalisée sur la base du volontariat. Celle-ci peut être réalisée sur un ensemble d'éléments différents (incluant ou non l'inspection des supports, des ancrages, des fondations...) et est essentiellement visuelle ;
- Il n'y a pas de seuils d'acceptabilité définis. L'opérateur juge de lui-même, selon ses propres critères, que l'état des éléments de génie civil nécessite l'intervention du service de maintenance ;
- Certains guides (par exemple ceux des stockages atmosphériques) donnent des indications sur les contrôles à mettre à place sous forme de check-list ou autre ;
- On ne trouve nulle part d'éléments sur la qualification et la formation des personnes réalisant les inspections.

S'agissant des cuvettes de rétention, en 2008, une campagne d'inspection française a mis en lumière de sérieux manques dans le contrôle du vieillissement et dans la conception :

- 25 % des cuvettes contrôlées présentaient des dégradations importantes ou des fissures sur le revêtement ou le matériau constituant la rétention ;
- 25% des cuvettes présentaient un volume sous-dimensionné.
- Il est aussi extrêmement fréquent qu'il n'y ait pas de justification au niveau de la conception de la tenue à l'effet de vague.

Il existe des réglementations sur les cuvettes de rétention en France, Pays-Bas, Etats-Unis, Allemagne. Elles mentionnent que les rétentions "seront surveillées et entretenues périodiquement". Aucune donnée quantitative ni précision supplémentaire n'est apportée. Il est néanmoins

mentionné la nécessité de s'assurer que le fond de la cuvette reste intact et imperméable, ce qui suppose par exemple déjà la surveillance de l'absence de développements de plantes, herbe...

S'agissant des fondations de bacs, des accidents récents ont montré l'insuffisance de contrôle des phénomènes de vieillissement. Quelques accidents ont eu pour cause l'infiltration de liquide dans les fondations ce qui les a fragilisés.

De même que précédemment il n'y a pas de réglementation ou de guide spécifique pour les fondations de réservoirs. Néanmoins des éléments intéressants ont été trouvés dans le guide EEUMA sur le suivi des bacs de stockage qui modifient les critères établis dans les guides UFIP et UKPLG.

Critère	Valeur UFIP	Valeur EEUMA
tassement entre le centre du fond et les bords de robe (tassement différentiel uniforme)	30%.	ratio nuancé en fonction des paramètres matériaux (module d'Young, contrainte limite admissible). Ajout d'un critère sur les plis en fond de bacs
tassement différentiel entre deux points distants de 10 m	100 mm	Seuil généralement plus pénalisant en fonction du type de bac (diamètre, présence de toit flottant)
valeur maximale du devers	1/100 de la hauteur	Idem. Ajout d'un critère sur le niveau de déformation en coin de bac

Enfin, le guide EEUMA donne des indications sur les moyens de consolidation et de réparation des fondations. Par exemple :

- Une technique d'aplanissement sous les plis ;
- une méthode de rehaussement et de consolidation des fondations tout en conservant la présence du réservoir.

3.2.6 Organisation

On observe en France une forte augmentation de la charge de travail des services d'inspection ces 5 dernières années, suite à l'augmentation du nombre de tuyauteries à suivre (tuyauteries sous pression et tuyauteries nouvellement identifiées comme « soumises à suivi volontaire »).

La maîtrise du vieillissement nécessite un suivi rigoureux des équipements, ce qui met à contribution différents services et compétences dans l'entreprise et à l'extérieur de l'entreprise. Les points suivants ont été mis en évidence :

- Une bonne coordination entre les services est nécessaire, entre services inspection, process, sécurité, exploitation, maintenance... Une collaboration plus étroite doit permettre de mieux connaître les installations et les incidents ou accidents ayant eu lieu... La prise de conscience des exploitants vis-à-vis de la nécessité de remonter les informations pertinentes du terrain (vibrations excessives, calorifuge dégradé, fuites...) doit être élargie aux sous-traitants présents sur les sites.
- Le retour d'expérience des accidents doit être partagé sur le site mais aussi au niveau des organisations professionnelles. Ce retour d'expérience doit être écrit pour en assurer une traçabilité et éviter les pertes d'informations. Les rapports d'inspection doivent être le plus précis possible.
- La compétence requise pour les inspections dépend des organisations en place ; les inspections peuvent être réalisées par un inspecteur du site ou être sous-traitées à des sociétés spécialisées externes. Cependant l'exploitant reste responsable ; il doit garder une compétence par des opérations de formations régulières. Lorsqu'un sous-traitant intervient sa compétence doit être vérifiée (par des audits réguliers, une tierce validation, un travail réalisé en commun avec l'inspecteur du site...).
- Une transparence des modalités des inspections est nécessaire (plans d'inspection, actions mises en œuvre...). Ainsi, les industriels utilisent de plus en plus de méthodes basées sur le risque, sous forme de boîtes noires informatiques, qui sont à l'heure actuelle souvent difficiles à juger par l'administration ou un auditeur externe.

4. ACTIONS DEFINIES POUR AMELIORER LA MAITRISE DU VIEILLISSEMENT

A la suite du plan d'actions lancé fin 2008, le ministère de l'écologie et du développement durable a lancé en janvier 2010 le plan de modernisation des installations industrielles. 38 mesures ont été définies, classées en 6 catégories :

- Un volet supplémentaire au SGS va être créé concernant le suivi des équipements : il comprendra une liste des équipements à inspecter, un état zéro de l'équipement, les modalités du suivi (nature et fréquence des inspections) ; personnes réalisant les inspections, les techniques utilisées, les résultats des inspections et les actions mises en place (changement des modalités des inspections, réparations potentielles...)
- Capacités et tuyauteries : amélioration des processus de retour d'expérience et d'analyse des incidents. Un guide technique d'inspection des tuyauteries va être écrit. Un lien plus étroit entre les analyses de risques des études de dangers et les plans d'inspection va être mis en place. L'impact sur l'environnement devra être pris en compte dans la définition de la gravité des accidents intervenant dans l'élaboration des plans d'inspection. Pour les équipements à haut risque, une durée de vie maximale sera imposée. Les plans d'inspection des tuyauteries seront soumis à tierce expertise.
- Stockages atmosphériques : un état zéro sera fait pour tous les stockages contenant les principales informations sur le réservoir. Un plan d'inspection devra être réalisé incluant les rondes, les inspections externes et les inspections à l'arrêt. Plusieurs guides techniques seront élaborés par les industriels (dont un guide sur les stockages cryogéniques). Un revêtement interne sera ajouté dans les réservoirs de pétrole brut afin de prévenir la corrosion.
- Systèmes instrumentés de sécurité : un guide technique sur l'inspection de ces systèmes sera élaborée par un groupe de travail. Un état zéro sera également défini pour chaque système instrumenté.
- Génie civil : un état zéro sera défini pour les ouvrages tels que les cuvettes de rétention, les fondations de bacs, les caniveaux... par les industriels. Deux types d'inspection seront réalisées (rondes périodiques et inspections détaillées). Selon l'état des ouvrages, trois niveaux de contrôles avec des inspections plus ou moins poussées seront mis en œuvre. Des guides techniques concernant le suivi de ces ouvrages seront rédigés.
- Canalisations de transport : une base de données des accidents sera créée. Un guide sur l'inspection des canalisations de transport sera rédigé. Un programme de recherche est lancé sur les techniques de détection et l'analyse des modes de dégradation. Un SGS sera requis pour le suivi des canalisations de transport. Un guide pour les canalisations cheminant dans les zones naturelles seront rédigées. Des tierce-expertise de plans d'inspection seront exigés. L'analyse des défauts et les plans de maintenance devront être plus profonds.

5. CONCLUSION

L'accidentologie récente a souligné la nécessité d'améliorer la maîtrise du vieillissement des installations industrielles afin d'éviter de futurs accidents. Le benchmark réalisé par l'INERIS a montré que les réglementations dans les pays définissaient des exigences générales mais que les applications sur les sites pouvaient varier, en fonction notamment de l'équipement et de la taille du site. Dans un même pays, la réglementation n'apporte pas de réponse exhaustive à la maîtrise du vieillissement de l'ensemble des équipements ; mais la synthèse des exigences des différents pays peut permettre de définir un socle commun pour le suivi. Les réglementations sont complétées par des guides professionnels qui apportent des réponses différentes en fonction de la nature et de la structure des sites. Ces informations sont utiles mais pas toujours applicables ou appliquées sur les sites.

De manière générale, la maîtrise du vieillissement doit inclure différents sujets (dont identification des équipements à inspecter, définition des zones sensibles, choix de la technique de contrôle la plus appropriée selon le mode de dégradation, nature et fréquence des inspections, détermination de critères d'acceptabilité et évaluation des durées de vie résiduelles...). Concernant l'organisation, certains aspects peuvent être améliorés (coopération entre les services, meilleur retour d'expérience, gestion des compétences, transparence dans les décisions...).

En France, le plan Maîtrise du vieillissement lancé fin 2008 a permis d'identifier des axes de progrès pour les différents équipements conduisant à une trentaine de mesures formalisées dans le « Plan de Modernisation ». Parmi ces mesures, un 8^{ème} volet a été ajouté au SGS incluant l'identification des équipements à inclure dans un plan d'inspection, un état initial pour les équipements sera réalisée, des guides professionnels pour l'inspection des différents équipements seront rédigés, les impacts environnementaux seront mieux intégrés... Ces mesures permettront une meilleure maîtrise du vieillissement et une prévention des accidents liés au vieillissement.

6. REMERCIEMENTS

L'INERIS remercie les acteurs qui ont permis la réalisation de cette étude : le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, les industriels qui nous ont reçus sur leur site industriel, les acteurs étrangers qui nous ont fourni de précieux renseignements sur les pratiques dans leur pays, les experts français impliqués dans le plan d'actions.

7. REFERENCES

- [1] INERIS - DRA-09-102957-07985C - DRA71/opération A4 - DRA73/opération C2.1 - Rapport final - Benchmark international sur les réglementations et pratiques de maîtrise du vieillissement des installations industrielles - 2009
- [2] INERIS - DRA-09-102957-08289B - DRA71 - opération A1.2 / DRA73 - opération C2.1 : Maîtrise du vieillissement des installations industrielles - Benchmark stockage en raffinerie - 2009
- [3] INERIS - DVM-09-102957-08343B - DRA71 - opération A1.2 / DRA73 - opération C2.1 : Maîtrise du vieillissement des installations industrielles - Benchmark sur les tuyauteries en raffinerie - 2009
- [4] décret n° 99.1046 du 13 décembre 1999 relatif aux équipements sous pression, modifié ensuite par les décrets respectifs 2003-1249 du 22 décembre 2003 et 2003-1264 du 23 décembre 2003
- [5] Arrêté du 15 mars 2000 modifié, relatif à l'exploitation des équipements sous pression (modifiés par l'arrêté du 13 octobre 2000 et par l'arrêté du 30 mars 2005)
- [6] Guide pour l'établissement des plans d'inspection (périodicités IP et RP 5 et 10 ans) - UIC/UFIP/CTNIIC document DT 32 révision 2 - juin 2008
- [7] Guide pour l'établissement des plans d'inspection permettant de définir la nature et les périodicités d'inspections périodiques et de requalifications périodiques pouvant être supérieures à cinq et -dix ans - UIC/UFIP document DT 84 - juin 2006
- [8] Safety of pressure systems - Pressure systems safety regulations 2000 - Approved Code Of Practice - - L122 - HSC - HSE books - 2000
- [9] API 580 : "Risk-Based Inspection" 2002
- [10] API 581 : "Base Resource Document on Risk Based Inspection" 2008
- [11] API 510 : "Pressure Vessel Inspection Code" 2006
- [12] API 570 : « Piping Inspection Code » 2003
- [13] SAFed Pressure systems : Guidelines on Periodicity of Examinations - novembre 2003
- [14] SAFed- Guidelines for Competent person - In-service examination of pressure systems pipework - octobre 2008
- [15] Institute of Petroleum - Pressure Vessel Examination - part 12 of the Model Code of safe Practice in the Petroleum industry - mars 1993
- [16] Institute of Petroleum - Pressure Piping Systems Examination - part 13 of the Model Code of safe Practice in the Petroleum industry - mars 1993
- [17] PSG29 - Richtlijn voor bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks : octobre 2008 (Directive pour le stockage hors sol de liquides inflammables dans des réservoirs cylindriques verticaux)
- [18] TRbF20 relatifs aux règles techniques applicables aux liquides inflammables - stockages
- [19] Arrêtés Ministériels du 9 novembre 1972 et du 19 novembre 1975: Aménagement et exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides
- [20] UKLPG - code of practice 1 - Bulk LPG storage at fixed Installations - Part 3 : 2006 - Examination and Inspection
- [21] Guide pour l'inspection et la maintenance des réservoirs métalliques aériens cylindriques verticaux d'hydrocarbures liquides en raffinerie - UFIP - Edition Août 2000
- [22] EEMUA Publication 159, Users guide to the inspection, maintenance and repair of above ground vertical cylindrical steel tanks, ISBN 0 85931 1317, 3rd edition, 2003
- [23] API 653 : "Tank Inspection, Repair, Alteration et Reconstruction" 2008