COPACEL

Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses

GUIDE BACS DE STOCKAGE

- Bonnes pratiques relatives aux opérations de Contrôle / Maintenance / Surveillance

DECEMBRE 2016

A±9w¢L{{9 a 9b¢

Le présent « *Guide de bonnes pratiques relatives au contrôle et à la maintenance des bacs de stockage et à la surveillance des cuves de rétention dans l'industrie papetière* » est le fruit des réflexions menées entre les sociétés adhérentes de COPACEL.

Ce guide s'est inspiré de différents guides validés (DT92/94 et catalogues associés) et adapté aux caractéristiques de la papeterie.

Toutefois, il ne saurait pallier à toutes les situations rencontrées dans la pratique par les différentes sociétés papetières.

Celui-ci ne constitue donc qu'un *recueil de bonnes pratiques en matière de contrôle et de maintenance,* et non un référentiel obligatoire, chaque entreprise demeurant seule responsable de ses propres choix et des conséquences pouvant en découler.

Ce guide peut également être utilisé pour le contrôle et la maintenance des autres bacs de l'industrie papetière que ceux définis dans le périmètre du guide.

COPACEL n'accepte aucune responsabilité dans l'usage qui sera fait de ce document.

1. Cadre général 5

2. Définition du périmètre 5

2.1. Bacs et réservoirs de stockage 5

2.2. Génie civil et structures 6

3. Contrôle et maintenance des bacs de stockage 6

3.1. Référentiels 6

3.1.1. Référentiels de construction 6

3.1.2. Référentiels de contrôle / maintenance 6

3.1.3. Principaux sigles et acronymes 7

3.2. Réservoirs et composants 7

3.2.1. Composants 7

En particulier les bacs à fond conique peuvent reposer soit sur des pieds soit sur une jupe support. 7

3.2.2. Matériaux 10

3.2.3. Dossier de suivi individuel 10

3.3. Mécanismes de dégradation et de défaillance 10

3.3.1. Corrosion/érosion/fissuration 10

3.3.2. Affaissement et problèmes associés 11

Inclinaison de l'ensemble du réservoir 12

3.3.3. Défaillance de structure du réservoir et de ses accessoires 12

3.3.4. Dégradations liées au fonctionnement cyclique 12

3.3.5. Dégradation des assises 13

3.3.6. Dégradation pieds et jupes de bacs 13

3.4. Corrosion 13

3.4.1. Taux de corrosion 13

3.4.2. Fond 14

3.4.2.1. Corrosion interne 14

3.4.2.2. Corrosion externe 14

3.4.3. Virole 14

3.4.3.1. Face intérieure 15

3.4.3.2. Face extérieure 15

3.4.4. Toit 15

3.4.5. Corrosion sous calorifuge 15

3.4.6. Accessoires 16

3.5. Contrôle basé sur la criticité 16

3.5.1. Principe de la méthode proposée 16

3.5.2. Détermination de la criticité d'un réservoir 17

3.5.2.1. Détermination des probabilités de défaillance 18

3.5.2.2. Détermination des conséquences de défaillances (ou gravité) 18

3.5.2.3. Détermination de la criticité 19

3.5.3. Durée de vie résiduelle 20

3.5.4. Facteur de confiance 21

3.5.5. Détermination de la prochaine date de contrôle 21

3.5.6. Exploitation de la criticité – Plan de contrôle en fonction du risque 21

3.5.7. Revue du plan de contrôle 21

3.6. Mise en œuvre du plan de contrôle 22

3.6.1. Visite de routine 22

3.6.2. Contrôle externe en exploitation 22

3.6.3. Contrôle hors exploitation 22

3.7. Méthodes de contrôle 23

3.7.1. Contrôles du fond 26

Contrôles d'épaisseur du fond 26

Contrôles des soudures du fond plat 26

Contrôles des soudures du fond conique 27

Contrôles particuliers d'un fond revêtu 27

3.7.2. Contrôles de robe 28

Contrôles d'épaisseur de robe (non calorifugée) 28

Contrôles de soudures de robe 28

Contrôles géométriques de robe 28
Contrôle des accessoires de robe et piquages....29
Cas particulier des réservoirs calorifugés....29
Contrôles de jupes/pieds supports....30
3.7.3. Contrôles de toit et accessoires....30
3.7.4. Contrôles des moyens d'accès....30
Contrôles du revêtement externe anticorrosion sur robe et toit....30
3.8. Critères d'acceptabilité des défauts....31
3.8.1. Assises et fondations....31
3.8.2. Corrosion 36
3.8.2.1. Corrosion du fond....36
3.8.2.2. Corrosion de la robe....36
3.8.2.3. Corrosion du toit....38
3.8.2.4. Corrosion des pieds et jupes de bacs....39
3.9. Personnels en charge du suivi des réservoirs....39
3.9.1. Qualification 39
3.9.1.1. Opérateurs 39
3.9.1.2. Contrôleurs....39
3.9.2. Organisation 39
3.9.2.1. Elaboration des plans de contrôle....39
3.9.2.2. Mise en œuvre des plans de contrôle 39
3.10. Réparations 40
3.10.1. Généralités 40
3.10.2. Méthodes de réparation 40
3.10.2.1. Réparation des fonds de réservoir 40
3.10.2.2. Réparation de la robe de réservoir 40
3.10.2.3. Réparation des toits....41
3.10.2.4. Réparation des pieds et jupes support de bacs 41
3.10.3. Revêtements 41
3.10.4. Essai hydraulique après réparation ou modification....41
3.11. Gestion du retour d'expérience 42
3.12. Délais de mise en application des révisions du guide 42

4. Surveillance des ouvrages de génie civil et structures....42
4.1. Surveillance des structures et supports métalliques 42
4.2. Surveillance des ouvrages génie civil, structures béton....43
4.3. Vieillissement des ouvrages de génie civil et structures porteuses 43
4.4. Dossier de surveillance des ouvrages....43
4.4.1. Dossier de surveillance....43
4.4.2. Mise à jour du dossier de surveillance....44
4.5. Etat initial et programme de surveillance....44
4.5.1. Etat initial 44
4.5.2. Programme de surveillance....44
4.6. Définitions spécifiques à la démarche de surveillance des cuvettes de rétention, des fondations de réservoirs associés et des structures de supportage des bacs à fond conique 45
4.6.1. Niveaux d'intervention sur les ouvrages 45
4.6.2. Eléments d'ouvrages 45
4.6.3. Classes d'état des ouvrages....45
4.7. Déroulement de la démarche de surveillance 47
4.7.1. Visites de surveillance 47
4.7.2. Investigations complémentaires 47

5. Révisions du guide....48

Lexique des annexes....49
Annexe 1 50
Annexe 2 53
Annexe 3 54
Annexe 4 55
Annexe 5 60
Annexe 6 62
Annexe 7 63
Annexe 8 66
Annexe 9 67
Annexe 10 96

1. CADRE GENERAL

Les papetiers ont déjà mis en œuvre, depuis plusieurs années, des mesures de suivi des bacs. Les pratiques diffèrent d'un site à l'autre : certains sites ont déjà mis en place des procédures équivalentes à celles applicables aux stockages des produits toxiques (arrêté du 4 octobre 2010) alors que d'autres ne disposent pas de procédures aussi formalisées.

Suite aux incidents survenus sur 3 sites papetiers en 2011, 2012 et 2013, un Groupe de travail a été mis en place par la profession pour définir un référentiel harmonisé de suivi des bacs de stockage définis dans le paragraphe 2.1 et de leurs cuvettes de rétention.

Ce document est un guide qui a pour but d'aider à l'établissement des plans de contrôle et à l'élaboration des recommandations relatives au contrôle et à la maintenance des bacs de stockage afin de permettre une surveillance adaptée pour le maintien de leur intégrité.

Il ne traite pas de la conception, ni de la construction des ouvrages, pour lesquelles existent des codes de construction reconnus.

De même, il n'entre pas dans le détail des démarches suivantes, puisqu'elles dépendent essentiellement de la spécificité de l'ouvrage ou de son état :

- L'établissement de diagnostics pour les ouvrages jugés dégradés, pour lequel des expertises spécifiques sont nécessaires ;
- L'élaboration des projets de réparations, qui doit faire suite aux diagnostics précédemment cités ;
- L'estimation des coûts de réparation ;
- La surveillance exceptionnelle d'ouvrages qui présentent déjà des désordres.

2. DEFINITION DU PERIMETRE

Ce chapitre identifie les équipements et ouvrages concernés par ce guide.

2.1. Bacs et réservoirs de stockage

Définition : Un bac de stockage est définit comme un bac aérien à pression atmosphérique (pression relative de stockage de la phase vapeur inférieure ou égale à 500mb), quelle que soit sa forme géométrique, de liquides dans lequel il n'y a pas de réaction physique ou chimique.

Périmètre général

Sont visés les ouvrages suivants :

- Bacs visés à l'article 4.1 de l'arrêté du 04 Octobre 2010
- Bacs de stockage de liqueur noire (concentration supérieure à 7,5%), blanche et verte de capacité supérieure à 250m^3,
- Réservoirs de stockage de pâte (tout type de pâte) de capacité supérieure à 500 m^3 et de concentration supérieure à 3%.

Remarques :

- La capacité est appréciée réservoir par réservoir et non pas cumulée pour les réservoirs situés dans une même cuvette (on vise la perte de confinement d'un réservoir).
- Les réservoirs de stockage de pâte ne sont habituellement pas équipés de cuvette de rétention.

- Les réservoirs de stockage de pâte sont assimilés à des réservoirs à fond plat. Ces réservoirs peuvent être inclinés et posés sur le génie civil béton.
- Les bacs à double enveloppe équipés d'un système de détection de fuite et pris en charge par une procédure interne en cas de fuite pourront être exclus (toutefois l'intégrité de la double enveloppe devra être contrôlée tous les 5 ans minimum).

2.2. Génie civil et structures

Périmètre général

Sont visés les ouvrages suivants :

- massifs de réservoirs ;
- cuvettes de rétention mises en place pour prévenir les accidents et les pollutions accidentelles susceptibles d'être générés par les réservoirs ;
- structures de supportage des bacs à fond conique.

3. CONTRÔLE ET MAINTENANCE DES BACS DE STOCKAGE

Ce chapitre est basé sur une analyse des mécanismes de défaillance propres à ce type d'équipements et intègre les méthodes de contrôle éprouvées et les retours d'expérience les plus récents.

3.1. Référentiels

3.1.1. Référentiels de construction

Ces bacs sont généralement construits selon les référentiels suivants :

- EN14015 - Spécification pour la conception et la fabrication de réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat, cylindriques, verticaux, construits sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure ;
- CODRES Division 1 - Code français de construction des réservoirs cylindriques verticaux en acier (U.C.S.I.P. et S.N.C.T.) ;
- API 650 ;
- ASME Section VIII division 1 ;
- Spécifications techniques internes de l'établissement ou du groupe ;
- De manière moins fréquente, les codes suivants ont pu être utilisés :
  - DIN4119 - Code de construction des réservoirs verticaux allemands
  - NF EN 12285-2
  - CODAP
  - EN 13445

Pour les bacs à fond conique, les référentiels CODRES division 1, CODAP, API 650 et ASME VIII division 1 sont habituellement utilisés.

3.1.2. Référentiels de contrôle / maintenance

Le choix du référentiel de contrôle est influencé par le code de construction. Toutefois, les référentiels présentés ci-dessous se veulent applicables aux réservoirs quel que soit le code de construction présenté au 3.1.1

Cependant, chacun d'eux ne renvoie généralement que vers le code de reconstruction auquel il est rattaché :

- EEMUA 159 : Maintenance and inspection of above ground vertical cylindrical steel storage tanks ⇒ Préconisation de travaux selon NF EN 14015 ;
- CODRES division 2 : recommandations pour la maintenance des réservoirs de stockage cylindriques verticaux (S.N.C.T.) ⇒ Préconisation de travaux selon CODRES div1 ;
- API 653 : Tank Inspection, Rep'air, Alteration, and Reconstruction.

Remarque :

- l'analyse des différents éléments d'un même réservoir doit être réalisée avec le même code de référence ;
- pour les réservoirs dont le code de construction est inconnu, on utilisera un des référentiels listés ci-dessus pour les opérations de maintenance.

3.1.3. Principaux sigles et acronymes

Les principaux sigles et acronymes utilisés dans ce document sont :

ACFM	Alternating Current Field Measurement
AFNOR	Association Française de Normalisation
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CODAP	Code de Construction Des Appareils aà Pression
CODRES	Code de construction des Réservoirs
COPACEL	Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Cellulose
DIN	Deutsches Institute für Normung
DT xx	Document Technique n° xx
EEMUA	Engineering Equipment and Materials Users Association
ESP	Equipements sous pression soumis à l'arrêté du 15 mars 2000
ESS	Ensemble des équipements Soumis à Surveillance
NF	Norme Française
RBI	Risk Based Inspection (appelée également IBC : Inspection Basée sur la Criticité)
SIR	Service Inspection Reconnu
SNCT	Syndicat National de la Chaudronnerie, de la Tôlerie et de la Tuyauterie Industrielle
SOHIC	Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking
UT	Ultrasonic Testing

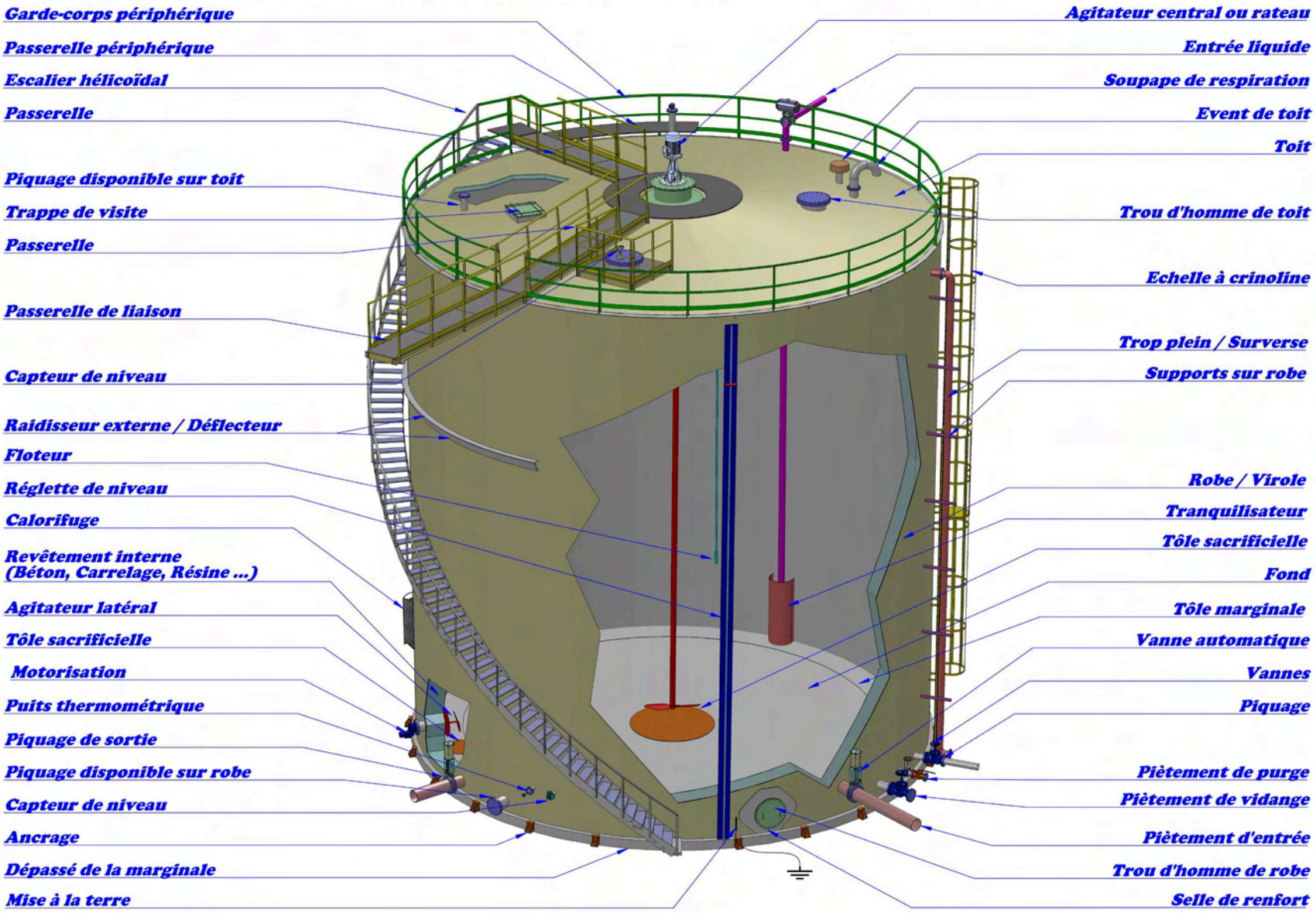
3.2. Réservoirs et composants

3.2.1. Composants

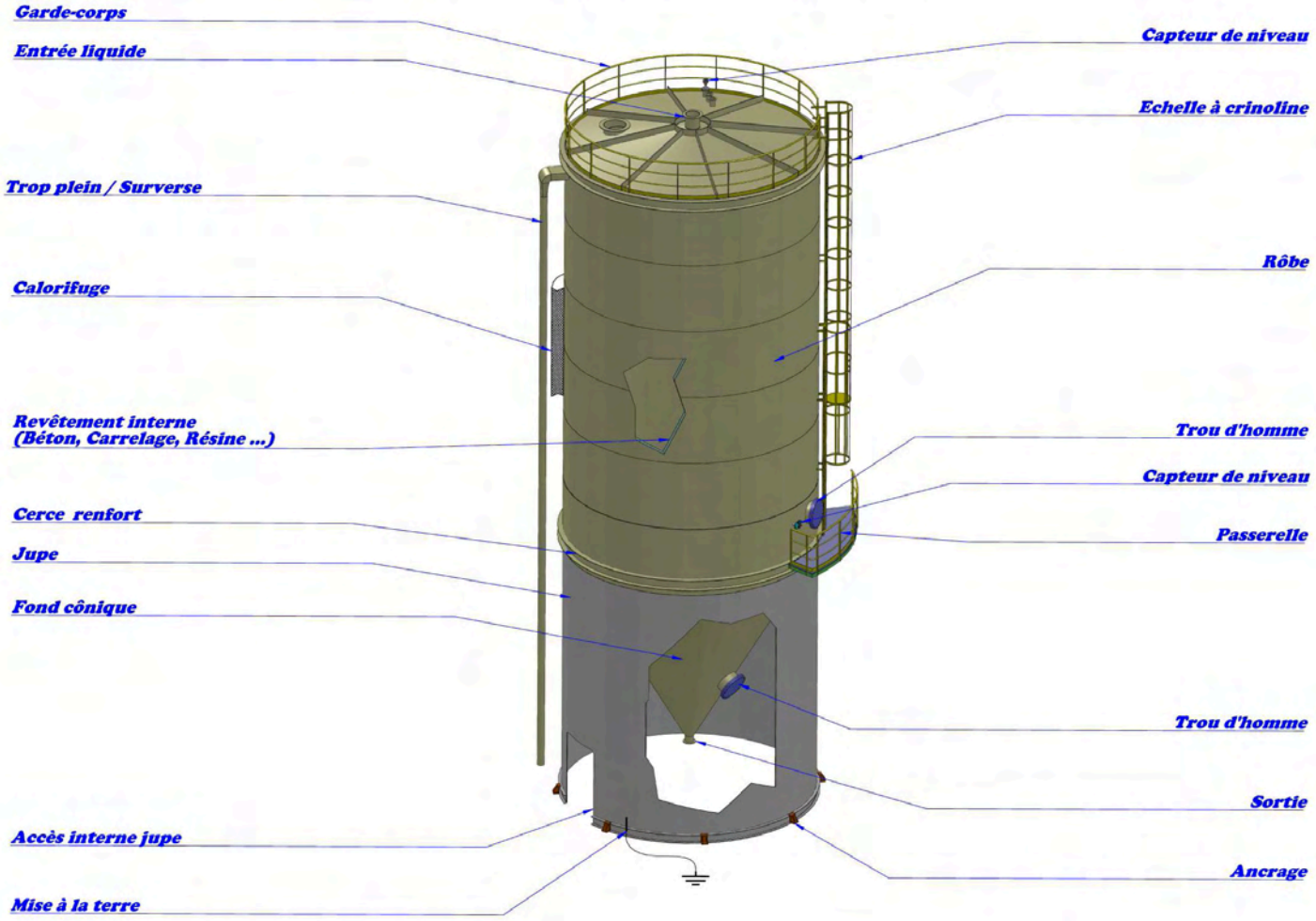
Le schéma suivant montre les composants et leur appellation. Ce schéma est indicatif, les accessoires indiqués n'étant pas systématiquement présents sur tous les réservoirs.

En particulier les bacs à fond conique peuvent reposer soit sur des pieds soit sur une jupe support.

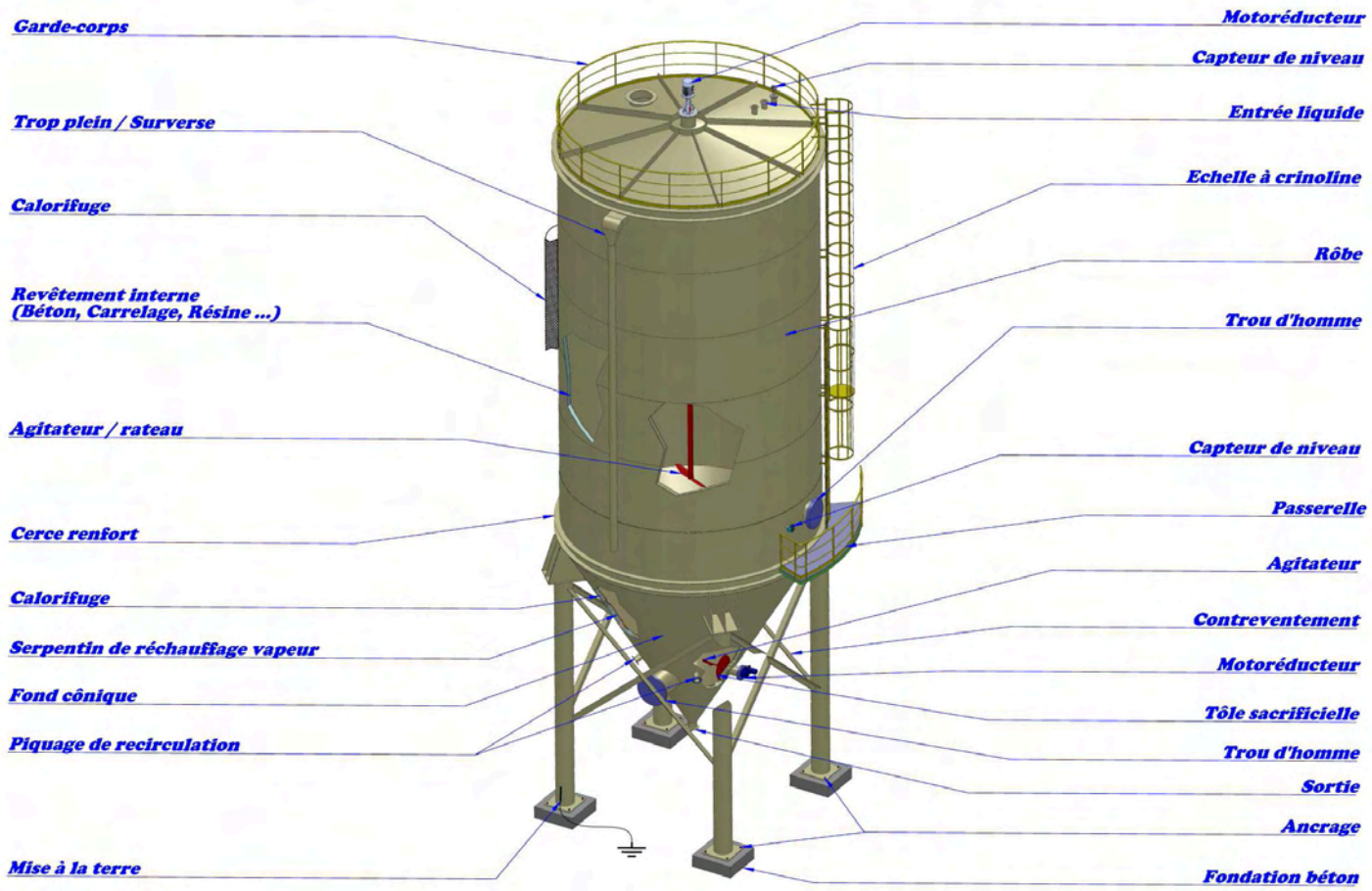
- SCHEMA DE PRINCIPE D'UN BAC DE STOCKAGE A FOND PLAT CYLINDRIQUE VERTICAL -



- SCHEMA DE PRINCIPE D'UN BAC DE STOCKAGE SUR JUPE -



- SCHEMA DE PRINCIPE D'UN BAC DE STOCKAGE A FOND CONIQUE SUR POTEAUX -



3.2.2. Matériaux

Les matériaux constitutifs des bacs et de leurs accessoires sont en général en aciers au carbone, acier inoxydable, béton (voir § 4.2) ou matériau composite (suivant DT 94). Les choix sont effectués en fonction des contraintes propres à chaque élément. Les caractéristiques mécaniques des matériaux à prendre en compte sont définies dans les codes de construction ou à défaut dans les codes de réparation.

3.2.3. Dossier de suivi individuel

Chaque bac doit faire l'objet d'un dossier individuel de suivi (papier et/ou électronique). Le contenu de ce dossier comprend, lorsqu'ils sont connus, les éléments suivants :

- Identification du bac
- type et caractéristiques (dimensions, volume, calorifugé ou non, serpentin de réchauffage …) ;
- date de construction et code de construction utilisé ;
- note de calcul ;
- plans de construction (schémas établis postérieurement pour les réservoirs anciens) ;
- matériaux de construction, y compris des fondations ;
- existence d'un revêtement interne ;
- date de l'essai hydraulique initial ;
- liste des produits successivement stockés dans le réservoir ;
- dates, types de contrôles et résultats ;
- dates et résultats des mesures réalisées sur le réservoir ;
- réparations et modifications éventuelles et codes utilisés ;
- incidents éventuels.

3.3. Mécanismes de dégradation et de défaillance

Les principaux mécanismes de dégradation et de défaillance des réservoirs sont

- Dégradation par corrosion/érosion/fissuration
- Défaillance par les affaissements et problèmes associés (tassements, ...)
- Les défaillances de structure du réservoir et de ses accessoires
- Dégradations liées au fonctionnement cyclique
- Dégradation des assises

Ainsi que la combinaison possible de ces modes de dégradations

3.3.1. Corrosion/érosion/fissuration

Le tableau ci-dessous est issu de l'annexe 3 du guide ESP COPACEL (en vigueur).

Modes de dégradations types	Facteurs de dégradation	Défauts
Corrosion externe	Milieu agressif vis à vis des parois	Perte d'épaisseur
Corrosion externe non identifiée	Combinaison de plusieurs facteurs à déterminer par une analyse de l'environnement	Perte d'épaisseur
Corrosion externe sous calorifuge	Mauvaise étanchéité de la gaine. Equipement extérieur avec température de peau < à 110°C Mauvaise étanchéité et milieu agressif	Perte d'épaisseur, Cratères

Modes de dégradations types	Facteurs de dégradation	Défauts
	Incompatibilité vis à vis des parois	
Corrosion galvanique (effet de pile)	Deux métaux différents en présence d'humidité. Corrosion différentielle sous dépôt.	Perte d'épaisseur (au niveau du couplage)
Corrosion interne acide	Conditions environnementales. Stockage non adapté	Perte d'épaisseur, fissures débouchantes
Corrosion interne caustique	Conditions environnementales. Stockage non adapté	Perte d'épaisseur
Corrosion interne non identifiée	Combinaison de plusieurs facteurs à déterminer.	Perte d'épaisseur
Corrosion interne sous dépôt	Création de zones de corrosion en milieu aéré. Mauvaise circulation du fluide	Cratères
Corrosion micro-biologique	Eau de forage. Milieu anaérobie. pH de 5 à 8. Présence de sulfate.	Perte d'épaisseur, cratères Présence de concrétions en forme de tubercules
Corrosion par les chlorures sur les aciers inoxydables	Présence d'ions chlorures en milieu acide	Piqûres
Erosion	Vitesse de circulation importante. Cavitation. Organe déprimogène. Présence de déflecteur.	Perte d'épaisseur
Erosion par circulation de fluide	Vitesse de circulation importante. Cavitation. Organe déprimogène. Angles vifs.	Perte d'épaisseur
Fissuration par corrosion sous contrainte	Acier austénitique. Contraintes mécaniques résiduelles de construction. Contraintes mécaniques en service (vibration, coup (marteau) d'eau, coup de bélier). Présence de chlorures en milieu caustique	Fissures débouchantes, fissures non-débouchantes, microfissures
Fissuration par fatigue mécanique	Contraintes mécaniques en service (vibration, coup (marteau) d'eau, coup de bélier).	Fissures débouchantes, fissures non-débouchantes, microfissures

3.3.2. Affaissement et problèmes associés

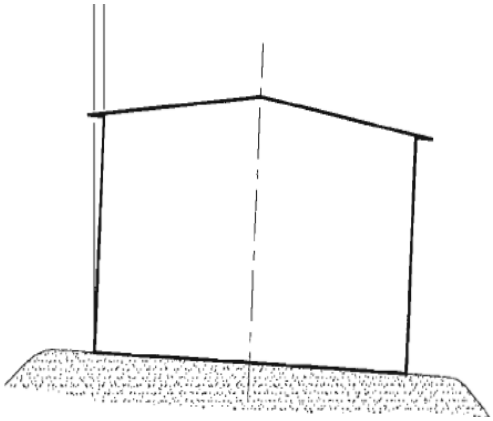
Les tassements des fondations d'un réservoir peuvent conduire à l'un des effets ou à la combinaison de plusieurs des effets décrits ci-après :

- tassement différentiel de fond et /ou de la marginale en raison de l'érosion de l'assise ;
- tassement général entraînant l'instabilité du réservoir ;
- création de contraintes au niveau du bac et/ou des tuyauteries attenantes.

Le réservoir suit généralement les tassements du sol sur lequel il est implanté. Ces tassements peuvent être uniformes ou non uniformes ; il convient de les vérifier.

Inclinaison de l'ensemble du réservoir

L'inclinaison d'un réservoir correspond à la rotation du plan de pose du réservoir.



3.3.3. Défaillance de structure du réservoir et de ses accessoires

Les principales défaillances sont :

- Flambage de la robe ;
- Défaut de verticalité des poteaux de support de la charpente ou des pieds ;

Le flambage de la robe se traduit par la formation d'une seule ou d'un petit nombre d'ondes sur un côté de l'enveloppe (du côté exposé au vent). Ce type de flambement peut être causé par :

- des vitesses anormalement élevées du vent (cyclones, ouragans) ;
- la diminution de l'épaisseur de la robe en raison de la corrosion ;
- des tassements de sol ;
- la présence de zones aplaties dans la robe du réservoir ;
- la réduction de la section transversale des anneaux raidisseurs en raison de la corrosion ;
- la réduction de l'intégrité due à des soudures des anneaux raidisseurs fissurées.

La combinaison de deux ou plusieurs de ces causes augmente le risque de flambement de la robe. Ce mode de défaillance se rencontre essentiellement dans les viroles minces supérieures de la robe du réservoir.

L'ajout d'un raidisseur supplémentaire peut résoudre le problème de flambement. Cette forme de flambement existe généralement pour les réservoirs à toits flottants de gros diamètre présentant des problèmes de rotondité, notre industrie n'utilise pas ce types de bacs et donc les problèmes de rotondité ne seront pas rencontrés.

Le flambement des robes des bacs peut être provoqué par un bouchage d'évent.

3.3.4. Dégradations liées au fonctionnement cyclique

Pendant les cycles de vidange et de remplissage de fortes amplitudes, la robe du réservoir subit des efforts transversaux entraînant une déformation élastique. Comme le fond ne se déforme pas de la même façon que la robe, des contraintes sont générées au niveau de la zone critique.

Le nombre de cycles d'un réservoir de stockage est toutefois faible pour initier des problèmes de fatigue métallurgique. En effet, même dans le cas d'un stockage "journalier", en comptant 1 cycle par jour et une durée d'exploitation de 100 ans, le nombre de cycles reste faible. Pour nos industries la plus part des bacs sont utilisés dans le process et peu de cycles complets de remplissages et vidanges.

Pour un faible nombre de cycles la fatigue ne pourrait se manifester que dans le cas de fortes contraintes proches de la résistance à la rupture. Or les codes de construction limitent les contraintes typiquement à 40 % de la rupture et 66 % de la limite élastique.

Les bacs peuvent également rencontrer des problèmes de fissuration/rupture par fatigue dues aux vibrations provoquées par le système d'agitation.

3.3.5. Dégradation des assises

Les causes principales de détérioration des assises sont :

- Le tassement des assises
- L'érosion
- La dégradation du béton par : calcination, attaque par eau souterraine, attaque par gel, attaque chimique et végétation non contrôlée

Les fissures créées par la dégradation du béton peuvent créer des points d'entrée pour l'eau et contribuer à des phénomènes de corrosion au niveau de la tôle annulaire voire du fond.

Par ailleurs, selon que la dégradation des assises soit uniforme ou non, celle-ci peut induire des phénomènes similaires à ceux des tassements évoqués précédemment, à savoir :

- Inclinaison du réservoir
- Tassements différentiels
- Déformation du fond du fait des contraintes générées

3.3.6. Dégradation pieds et jupes de bacs

Ci-après figure une liste non exhaustive des principaux désordres que l'on est susceptible de rencontrer lors de l'examen visuel des pieds supports des bacs à fond conique :

- Dégradation du revêtement anti- corrosion ;
- Boulon absent en ancrage en pied ou sur une attache principale à la liaison entre pied et bac ;
- Défauts de soudures (fissures, décollements) ;
- Déformation excessive d'une membrure principale (poteau ou poutre) et qui peut être due aux charges appliquées, à des chocs, à des dénivellations d'appuis ;
- Déformation excessive d'un élément secondaire (traverse, certaines diagonales) ;
- Corrosion généralisée ou ponctuelle, pouvant être masquée sous un calorifuge ou revêtement ;
- Dégradation des mises à la terre.

3.4. Corrosion

La corrosion est la cause principale de détérioration de réservoirs de stockage en acier et des accessoires.

La localisation et l'évaluation de l'étendue de la corrosion sont donc une raison majeure de réalisation de contrôle.

3.4.1. Taux de corrosion

La nature du produit stocké et la vapeur présente dans l'espace situé au-dessus du produit dans les réservoirs à toit fixe sont toutes deux des facteurs déterminants pour la vitesse de corrosion.

La nuance et la qualité du matériau du réservoir par rapport à sa résistance et à l'agressivité du produit stocké sont un autre facteur.

Le taux de corrosion est établi sur la base de l'historique des épaisseurs mesurées lors des différents contrôles.

En l'absence d'historique de taux de corrosion sur un réservoir il pourra être nécessaire d'utiliser soit des données issues de la littérature ou du REX soit des données issues de réservoirs similaires dans la profession à partir du moment où les données sont parfaitement tracées.

- Même métallurgie
- Produit similaire (phrase de risque, concentration, densité)
- T° de stockage

Il convient de noter que les taux de corrosion sont différents selon les parties du réservoir considérées. Par ailleurs, il convient de prendre en considération les effets engendrés par les modifications passées et futures des conditions de service sur la durée de vie du réservoir.

3.4.2. Fond

3.4.2.1. Corrosion interne

Les zones de soudure sont des points sensibles du fait de leur hétérogénéité géométrique et électrochimique. Le risque augmente en cas de développement de bactéries sulfato-réductrices (sous les dépôts, en absence d'oxygène, avec présence d'ions sulfates, de préférence à températures de 30 à 60°C).

Ce type de corrosion est une des principales causes de fuites de réservoirs, l'eau provenant principalement de la respiration des réservoirs par variations de température, conduisant à la condensation de l'humidité de l'air;

Par ailleurs, ce type de corrosion peut se manifester soit de façon apparente sur le métal nu soit en corrosion sous couche dans le cas de réservoirs possédant un revêtement interne. La corrosion sous couche peut conduire à des vitesses de corrosion élevées de même ordre de grandeur que la corrosion bactérienne et n'est pas toujours aisée à détecter, de ce fait elle doit faire l'objet d'une attention particulière lors des contrôles.

3.4.2.2. Corrosion externe

La corrosion extérieure du fond peut résulter notamment d'une médiocre qualité des fondations en contact avec le réservoir (présence de contaminants par exemple) ou de l'effet des eaux pluviales stagnantes. Le stockage de produits chauds peut aussi avoir un effet négatif sur cette corrosion.

La vitesse de corrosion de l'acier nu dépend de l'agressivité du terrain (naturel ou rapporté) à son contact, celle-ci étant fonction d'un grand nombre de facteurs dont les plus importants sont la résistivité (liée à la teneur en eau et en sels), le pH, l'aération, le niveau d'activité bactérienne, l'hétérogénéité (formation de piles géologiques), la présence éventuelle de courants vagabonds, l'entrée d'eau en périphérie.

De façon pratique, les causes d'une corrosion sur les parties extérieures des tôles de fond peuvent être :

- la nature et/ou la granulométrie des matériaux de la galette en contact avec le fond métallique. Lorsque des matériaux de granulométrie supérieure à 20 mm ont été utilisés, il peut se produire des risques de corrosion par aération différentielle. L'emploi de matériaux à base de laitiers peut également être une cause de corrosion ;
- l'accumulation d'eau autour du fond et/ou son infiltration sous celui-ci, notamment pour la partie située au vent dominant ;
- l'accumulation d'eau dans le calorifuge dans la partie basse de la robe ;
- les déformations des périphéries externes des tôles marginales occasionnées par le poinçonnement de la robe et créant des rétentions d'eau ;
- le niveau élevé de la nappe souterraine en cas de remontée d'eau. Pour les réservoirs fonctionnant à chaud, les vitesses de corrosion sont accélérées ;
- dans les réservoirs destinés à stocker des produits chauds, il existe des différences de potentiel électrochimique à l'interface fond - sol. Cela peut engendrer la formation aléatoire de piqûres profondes. Il est souvent constaté une corrosion périphérique plus importante ;
- défaut de la protection cathodique ;
- courants vagabonds.

3.4.3. Virole

La corrosion de la virole peut prendre des formes et des degrés de gravité différents. Elle peut être uniforme sur l'ensemble de la virole ou ne concerner que des secteurs.

3.4.3.1. Face intérieure

La partie basse de la première virole est sujette au même problème que le fond.

Pour les autres viroles, celles correspondant à l'espace vapeur sont plus particulièrement concernées notamment la virole haute ainsi que celles correspondant à la zone de variation du niveau de stockage.

3.4.3.2. Face extérieure

La vitesse de corrosion des parois nues est généralement modérée et dépend des conditions ambiantes (atmosphère industrielle, saline, pollution…).

La vitesse de corrosion de l'acier nu dépend de l'agressivité des conditions ambiantes (atmosphères rurales, industrielles, maritimes, tropicales ...), fonction de l'humidité relative, de la teneur en chlorures ou en espèces chimiques provenant de la pollution (SO_2 en particulier), de la température, du vent, des pluies, etc.

Les points de stagnation d'eau notamment au niveau du toit ou des raidisseurs peuvent, toutefois, être particulièrement affectés du fait de la rétention créée par le retrait lors du soudage. Les percements ou fenêtres réalisés lors de la construction ne doivent pas être obstrués.

La corrosion externe se manifeste généralement au niveau du pied de la robe dans les zones où :

- des tassements ont pu créer des zones d'accumulation d'eau en pied de virole,
- de l'eau a pu pénétrer sous le calorifuge.

3.4.4. Toit

Des condensations d'eau agressive peuvent conduire parfois à des pertes d'épaisseur des pannes et structures supports, des tôles du toit et de la virole supérieure. La vitesse de corrosion est principalement favorisée par les teneurs relatives en oxygène et sulfure.

Dans le cas des produits stockés chauds, le calorifugeage externe du toit permet de réduire le risque de condensation d'eau mais augmente le risque de corrosion sous calorifuge.

La corrosion peut affecter les tôles de toit ainsi que les différents éléments de la charpente, y compris les éventuels poteaux, la corrosion pouvant être intérieure pour ces derniers (mauvaise aération…).

La corrosion externe est favorisée par la présence de points d'accumulation d'eau tels que des déformations éventuelles des tôles de toit, une faible pente du toit, des pattes de fixation des accessoires de toit ou par des atmosphères salines ou chimiques.

3.4.5. Corrosion sous calorifuge

Les réservoirs aériens calorifugés peuvent présenter des risques de corrosion lorsque le revêtement est en mauvais état. La corrosion est due aux infiltrations d'eau du fait des manques d'étanchéité de l'enveloppe métallique externe : traversées des tubulures, supports d'échelles, pieds de réservoirs. Sa vitesse relativement élevée est due au piégeage de l'humidité, à sa contamination par des chlorures (parfois provenant du matériau d'isolation), SO_2,.... et, le cas échéant favorisée par une température relativement élevée.

La corrosion sous calorifuge peut se manifester notamment dans la partie basse de la virole, au niveau des raidisseurs, au niveau du toit, aux traversées des tubulures, des supports des moyens d'accès et, de façon générale, en tous points où de l'eau peut pénétrer, circuler et s'accumuler sous le calorifuge. Par ailleurs dans le cas de poutres raidisseuses sous calorifuge, supérieures ou intermédiaires, le retour d'expérience montre que la robe est souvent touchée sur quelques centimètres, juste au-dessus de la liaison Poutre/Robe.

Pour éviter la corrosion par accumulation d'eau sous le calorifuge dans le bas de la robe, il est recommandé de ne pas calorifuger le 200/300 mm du bas de la robe.

La face extérieure de la robe d'un bac en acier carbone non calorifugé est en général recouverte d'une protection par peinture qui permet notamment de localiser plus facilement les zones corrodées.

3.4.6. Accessoires

Rarement en pleine tôle, la corrosion extérieure de la robe se porte essentiellement sur toute pièce rapportée sur la robe :

- attache des marches ;
- échelles à crinoline ;
- supports de canalisations ;
- supports des systèmes de niveau ;
- raidisseurs et poutres ;
- goussets ;
- pieds support ou jupe pour les bacs à fond conique.

3.5. Contrôle basé sur la criticité

Remarques préliminaires :

La mise en œuvre d'une méthodologie basée sur la criticité est une démarche volontaire. Elle permet d'adapter les modalités de contrôle suivant une procédure interne relatives a :

- la nature et l'étendue des contrôles selon les niveaux A, B, C du chapitre 3.7 ou dispositions équivalentes ;

- la fréquence.

En l'absence de mise en œuvre d'une telle méthodologie, les périodicités des contrôles hors exploitation sont définies de manière forfaitaire conformément aux dispositions prévues au paragraphe 3 .6.

- La mise en œuvre d'une telle méthodologie nécessite la prise en compte de l'ensemble des modes de dégradation pertinents,
- Tous les modes de dégradation ne font pas l'objet d'une modélisation. Celle-ci porte essentiellement sur l'évolution des épaisseurs,
- La mise en œuvre de cette méthodologie est généralement réalisée par une équipe pluridisciplinaire réunissant les compétences nécessaires,
- La méthodologie mise en œuvre devra être fondée sur un des référentiels suivants :
    - EEMUA 159 : 3° Edition 2003
    - DT 32 : DT32 2° Révision Juin 2008
    - DT 84 : DT 84 version B01 Février 2010
    - Guide professionnel Equipements sous Pression COPACEL version en vigueur.

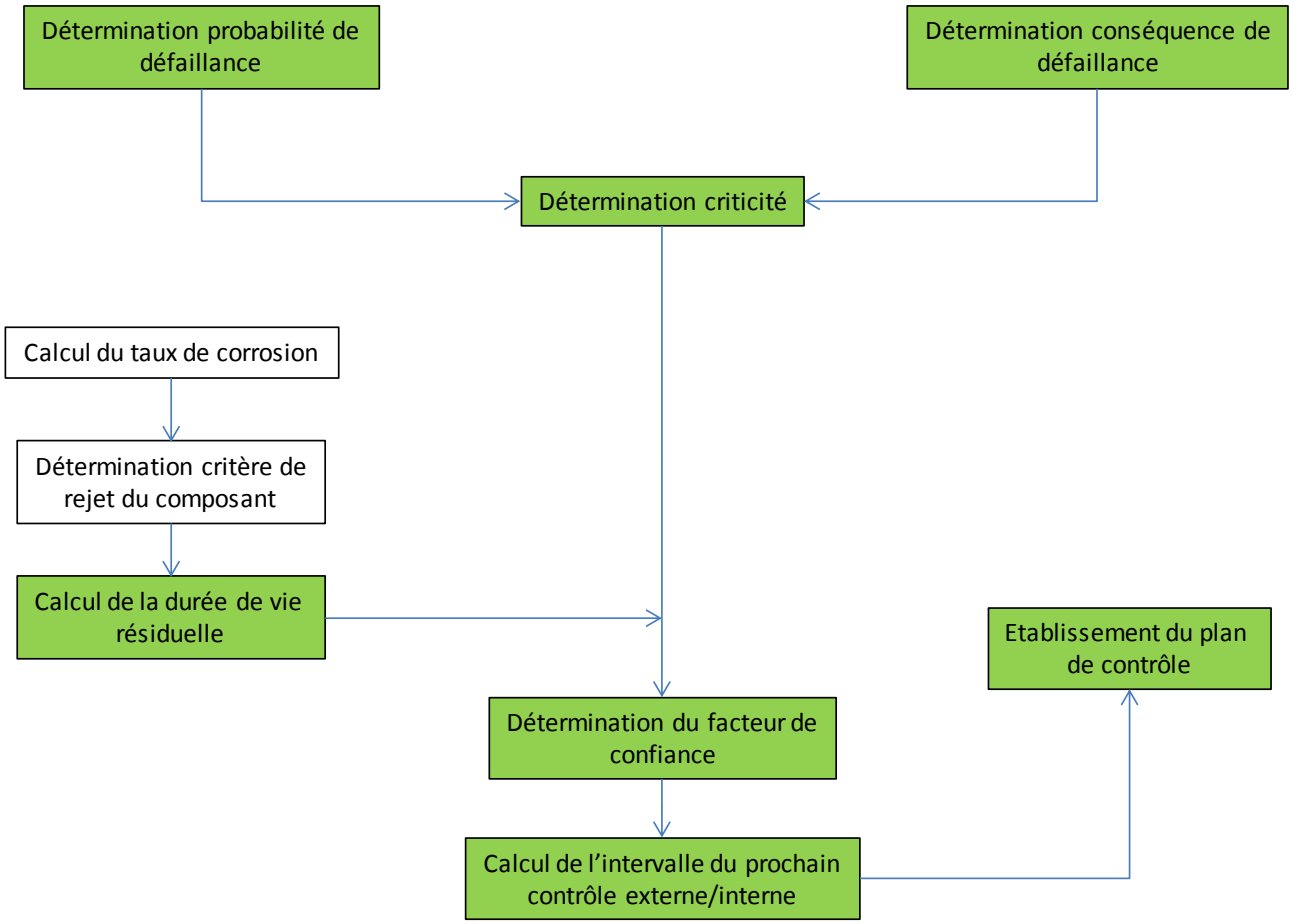
Le référentiel servant de base à cette méthodologie devra être disponible sur le site utilisateur.

3.5.1. Principe de la méthode proposée

Le principe de la méthode est le suivant :

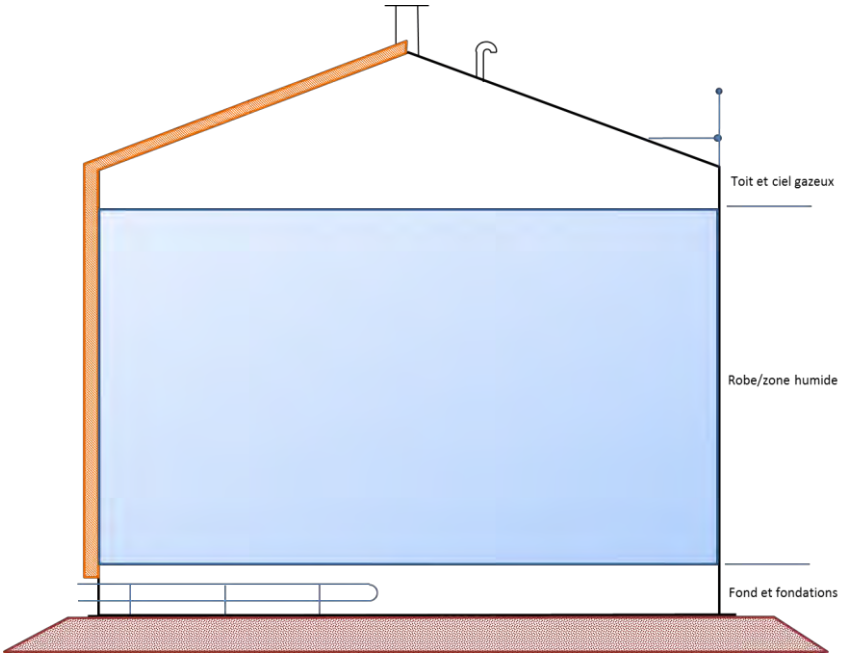
- Établissement de la criticité d'un réservoir de stockage en fonction de la combinaison de la probabilité de défaillance et de la gravité de la défaillance ;
- Détermination du plan de contrôle (natures, localisations, étendues et périodicités des actions de contrôle) en fonction de la criticité, du facteur de confiance et de la durée de vie résiduelle estimée.

Le logigramme suivant est un exemple illustrant le principe de la méthode.



3.5.2. Détermination de la criticité d'un réservoir

Comme la probabilité (vraisemblance d'une défaillance due à la dégradation) et la gravité (conséquence sur l'environnement, la santé et la sécurité) varient en fonction de la partie du réservoir concernée, l'analyse de la criticité est effectuée pour chacune des trois sections du réservoir concerné (fond et fondations, virole, toit). La criticité globale du réservoir est la criticité maximale de chacune des trois sections.



Sections à prendre en compte pour calcul de la criticité

3.5.2.1. Détermination des probabilités de défaillance

De façon générale les cinq facteurs à prendre en compte pour la détermination de la probabilité de défaillance dont :

- Type de dommage
- Contrôle
- Conception
- Etat
- Produit stocké.

Le taux de probabilité de l'apparition d'un mode de défaillance particulier pour tout composant de réservoir est évalué en étudiant les mesures adoptées ou les caractéristiques existantes qui influencent le mode de défaillance. Ces facteurs sont différents selon la section du réservoir considérée. Les principaux facteurs sont rassemblés dans le tableau suivant :

	Fond du réservoir	**Virole du réservoir**	**Pieds ou jupe du réservoir**	**Toit du réservoir**
Revêtement interne	X	X		X
Revêtement externe	X	X		X
Température de stockage du produit	X	X		X
Corrosivité du produit	X	X		X
Type de fond (cône up, cône down, plat)	X		X	
Corrosivité des vapeurs pour les toits fixes				X
Présence de serpentin de chauffage	X	X		
Type de fondation	X	X	X	
Contact avec de l'eau souterraine	X			
Efficacité du drainage du réservoir	X			
Méthodes de contrôle hors service utilisées lors du précédent contrôle	X	X	X	X
Méthodes de contrôle en service utilisées	X	X	X	X
Fréquence des contrôles en service	X	X	X	X
Corrosion sous isolation		X	X	X

Chaque facteur est associé à une valeur ou «note» qui reflète son influence sur la probabilité de l'apparition de la défaillance induite. Ces notes peuvent être pondérées pour chaque facteur afin de représenter leur importance relative sur la probabilité de l'occurrence du mécanisme de défaillance.

L'utilisation des référentiels cités en remarques préliminaires décrivent les méthodes de détermination de ces probabilités et les modalités de prise en compte des facteurs figurant ci-dessus. Les probabilités seront déterminées en suivant les principes décrits dans ces référentiels et suivant les procédures internes.

3.5.2.2. Détermination des conséquences de défaillances (ou gravité)

Les conséquences d'une défaillance sont évaluées en terme de gravité pour chacune des parties du réservoir en fonction du mode de défaillance en prenant en compte les barrières de réduction des risques telles que cuvettes de rétention, détection hydrocarbure, détection de fuite… Elles sont évaluées pour chaque catégorie :

- La sécurité
- La santé

- L'environnement

Les pertes financières peuvent également être prises en compte dans la détermination de la gravité.

Les principaux facteurs de conséquence à prendre en compte, le cas échéant, sont :

- mode de défaillance (c.-à-d. petite fuite, fuite importante du fond, rupture fragile de robe) ;
- type et volume de produit ;
- impact sur la sécurité publique et la santé ;
- efficacité des systèmes et de temps de détection de fuite à la détection ;
- caractéristiques particulières de construction du réservoir (ex : double fond, double paroi) ;
- étanchéité du sol (ex : galette béton, liner étanche sous le réservoir) ;
- possibilités des capacités de retenue (étanchéité la cuvette, capacité de rétention) ;
- caractéristiques et possibilité d'atteinte des zones environnementales sensibles au produit, telles que des eaux de surface, des eaux souterraines, des nappes phréatiques ;
- mobilité du produit dans l'environnement (hydrogéologie du sol, perméabilité et pénétration du produit, viscosité du produit) ;
- impact sur le public (cf. exemple annexe 2);
- coût de la contamination et de remédiation ;
- coût pour nettoyer le réservoir et la réparation ;
- coût lié à la perte d'utilisation.

La détermination du niveau de gravité des conséquences des défaillances sur la sécurité s'appuiera sur les principes décrits dans les référentiels cités en remarque préliminaire.

3.5.2.3. Détermination de la criticité

La criticité d'une section du réservoir résulte de la combinaison des probabilités et des conséquences d'une défaillance. Cette combinaison s'effectue le plus souvent sous forme matricielle.

Nota : La détermination de la criticité devra résulter de la combinaison homogène entre le mode détermination de la probabilité de défaillance et de la gravité des conséquences. C'est-à-dire que les probabilités et conséquences devront être établies en respectant les principes d'un des référentiels cités en remarque préliminaire (l'utilisation de deux référentiels différents est prohibée).

A titre d'exemple (source EEMUA 159), une représentation de la criticité sous forme matricielle est indiquée ci-dessous :

Probabilité					
Haute	B	H	E	E	
Moyenne	B	M	H	E	
Basse	N	B	M	H	
Négligeable	N	N	B	M	
	Négligeable	Basse	Moyenne	Haute	
		GRAVITE			

avec N= Criticité négligeable

B= Criticité basse

M = Criticité moyenne

H= Criticité haute

E = Criticité élevée

Remarques sur la criticité

La criticité :

- est représentative de l'ensemble des facteurs listés ci-avant, notamment de l'état connu ou estimé du réservoir et de son évolution compte tenu des modes de défaillances retenus ;
- détermine le plan de contrôle à mettre en œuvre en fonction de la durée de vie prévue ;
- peut être déterminée à un instant donné ou estimée à terme ;
- peut être révisée sur la base des retours d'expérience cumulés ;
- doit être révisée régulièrement sur la base des contrôles réalisés (contrôles en service et visite de routine).

3.5.3. Durée de vie résiduelle

L'évaluation de la dégradation d'un équipement ou d'un composant est essentielle pour une planification efficace des contrôles.

L'analyse de la dégradation repose principalement sur les composants liés à l'intégrité, comme la corrosion des éléments métalliques ou les mesures de tassement/verticalité du réservoir.

Dans le cas de corrosion, l'analyse est effectuée en utilisant la vitesse de dégradation et l'épaisseur de retrait (ou surépaisseur pour dégradation/corrosion) pour s'assurer que le réservoir n'est pas remis en service avec une épaisseur inappropriée.

Corrosion :

La vitesse de perte d'épaisseur peut être directement déduite de :

- l'historique des mesures d'épaisseur sur le réservoir concerné ;
- l'historique des mesures d'épaisseur sur un réservoir similaire ;
- l'efficacité des mesures de protection contre la corrosion (revêtement interne, liner, protection cathodique …) ;
- de valeurs issues de la littérature lorsque les mesures ne sont pas disponibles.

Sauf justification particulière (modifications des conditions d'exploitation et/ou renforcement des mesures de protection) la valeur de la vitesse de dégradation retenue sera la plus pénalisante des valeurs issues des historiques de mesure.

La durée vie résiduelle est définie comme suit:

Dvr =(em-er)/(taux de corrosion)

Taux de corrosion (tc)= (eo-em)/(date construction-date de contrôle)

em : dernière épaisseur minimale mesurée

er : épaisseur de retrait (épaisseur de mise hors service du bac)

eo : épaisseur d'origine

Il s'agit du taux de corrosion moyen, il faudra s'assurer d'un contrôle à l'autre que le taux de corrosion reste constant.

L'épaisseur de retrait peut être prédéterminée ou déduite de calculs appropriés contenus dans les codes de conception et de réparation.

Tassement différentiel /Inclinaison:

Une durée de vise résiduelle pourra également être déterminée pour le tassement et l'inclinaison après 2 séries de mesures.

Durée de vie résiduelle (Dvr)= (M – R) / vitesse de dégradation, où :

Vitesse de dégradation Vd = (M-1ère mesure) / (date M – date 1ère mesure)

M : dernière mesure

R: inclinaison maxi/tassement maxi autorisé (calcul voir §3.8)

Il s'agit d'une vitesse de dégradation moyenne, il faudra s'assurer d'un contrôle à l'autre que cette vitesse de dégradation reste constante.

Le prochain contrôle sera réalisé au mini de 10ans ou de Dvr/2.

3.5.4. Facteur de confiance

REMARQUE IMPORTANTE : la suite de ce paragraphe ne s'applique que dans l'hypothèse où le facteur de confiance n'est pas intégré dans la détermination de la probabilité.

Le facteur de confiance reflète l'appréciation portée sur la robustesse de l'analyse de la durée de vie résiduelle.

Le facteur de confiance dépend, de façon non exhaustive :

- du nombre de contrôles précédemment réalisées ;
- de l'intervalle de contrôle précédent ;
- de la qualité des données issues des contrôles précédents (niveau d'efficacité) ;
- de la qualité des méthodes de contrôle (hors exploitation et en service) ;
- du résultat des contrôles ;
- des mesures de maintenance préventive et du type et de l'étendue des réparations ;
- des affectations successives du réservoir.

Remarque sur la détermination du facteur de confiance : une première détermination peut être obtenue sur la base d'analyses génériques. Cependant sa détermination doit être faite de façon approfondie lors de chaque établissement d'un nouvel intervalle de contrôle.

3.5.5. Détermination de la prochaine date de contrôle

Pour chaque section du réservoir, l'intervalle avant le prochain contrôle est fonction de la durée de vie résiduelle, de la criticité et du facteur de confiance. La prochaine date de contrôle sera la plus proche de celles des trois sections considérées (cet intervalle est au plus égal à celui imposé par la réglementation).

L'utilisation du facteur de confiance conduit à disposer d'une marge de sécurité par rapport à la durée de vie résiduelle théorique.

3.5.6. Exploitation de la criticité – Plan de contrôle en fonction du risque

Les modalités du plan de contrôle décrites dans le chapitre 3.6 de ce guide sont adaptées en fonction de la criticité du réservoir. Les natures, localisations, étendues et périodicités des actions de contrôle et atténuation de la criticité (mitigation) sont définies en fonction des modes et cinétiques de dégradation ainsi que du niveau de criticité. Ces actions de contrôle et d'atténuation de la criticité (mitigation) ont pour objet de maîtriser la criticité et de garantir l'intégrité du réservoir. Elles seront issues des référentiels utilisés pour le calcul de la criticité.

3.5.7. Revue du plan de contrôle

Une revue systématique du plan de contrôle doit être faite en cas d'évolution de la criticité, après chaque contrôle interne, ainsi qu'en cas de modification des conditions de stockage (température notamment) et de changement d'affectation du réservoir (nature du produit stocké).

3.6. Mise en œuvre du plan de contrôle

Le plan de contrôle est constitué de différents types de contrôles à différentes fréquences.

3.6.1. Visite de routine

La visite de routine a pour but de constater le bon état général du réservoir et de son environnement ainsi que les signes extérieurs liés aux modes de dégradation possible.

Elle est réalisée par des personnels qualifiés (voir chapitre 3.9) et renouvelée chaque année. Les écarts relevés font l'objet d'une analyse.

Voir un exemple de fiche de visite de routine en annexe 3.

3.6.2. Contrôle externe en exploitation

Ce contrôle, permet de s'assurer de l'absence d'anomalie remettant en cause la date prévue du prochain contrôle. Il comprend à minima :

- une revue des visites de routine ;
- un contrôle visuel externe approfondi des éléments constitutifs du réservoir et de ses accessoires en particulier les pieds pour les bacs à fond conique;
- un contrôle visuel de l'assise ;
- un contrôle de la soudure robe fond ;
- un contrôle de l'épaisseur de la robe, notamment près du fond, et du cône pour les bacs à fond conique (zone morte du cône si existante) ;
- une vérification des déformations géométriques éventuelles du réservoir et notamment de la verticalité, de la déformation de la robe et de la présence de tassements (pour les 2 premiers contrôles puis suivant la durée de vie résiduelle voir §3.5.3);
- le contrôle des ancrages si le réservoir en est pourvu ;
- des investigations complémentaires concernant les défauts révélés par le contrôle visuel s'il y a lieu.

Ce contrôle est réalisé au moins tous les 5 ans.

Il est réalisé par des personnels qualifiés (voir chapitre 3.9).

Les méthodes utilisées et le niveau de contrôle seront déterminés sur la base des éléments décrits dans le chapitre 3.7 en tenant compte des contraintes d'exploitation et de sécurité et du fait que seul l'extérieur du réservoir est accessible. Le contrôleur pourra utiliser les exemples de fiches de contrôle disponibles dans les codes de contrôle et de maintenance cités précédemment.

3.6.3. Contrôle hors exploitation

Ce contrôle, en plus des contrôles visuels et des contrôles externes, permet par l'accès à l'intérieur du réservoir un contrôle détaillé de son fond et des équipements inaccessibles lorsqu'il est en exploitation. Il comprend a minima :

- l'ensemble des points prévus pour le contrôle externe en exploitation détaillée ;
- un contrôle visuel interne approfondi du réservoir et des accessoires internes ;
- un contrôle géométrique interne (voir §3.7.1) ;
- des mesures visant à déterminer l'épaisseur restante par rapport à une épaisseur minimale de calcul ou à une épaisseur de retrait, conformément d'une part à un code adapté et d'autre part la cinétique de corrosion. Ces mesures porteront a minima sur l'épaisseur du fond et de la première virole du réservoir et seront réalisées selon les méthodes adaptées (voir annexe 6) ;
- le contrôle interne des soudures. Seront a minima vérifiées la soudure robe/fond et les soudures du fond situées à proximité immédiate de la robe ;

- des investigations complémentaires concernant les défauts révélés par le contrôle visuel s'il y a lieu.

Les bacs revêtus (béton, carrelage, briquetage, liner) ne feront pas l'objet d'une dépose systématique lors de l'inspection hors exploitation.

Les contrôles hors exploitation sont réalisées aussi souvent que nécessaire et au moins tous les dix ans sauf si les résultats de l'étude de criticité du réservoir réalisée conformément au paragraphe 3.5 permettent de reporter l'échéance. Ce report ne saurait excéder 10 ans.

Les contrôles sont réalisés par des personnels qualifiés (voir chapitre 3.9).

Les méthodes utilisées et le niveau de contrôle seront déterminés sur la base des éléments décrits dans le chapitre 3.7. Le contrôleur pourra utiliser les exemples de fiches de contrôle disponibles dans les codes de contrôle et de maintenance cités précédemment.

Remarque : l'étude de criticité peut également conduire à fixer une période entre 2 contrôles hors exploitation inférieure à 10 ans.

En l'absence de méthodologie basée sur la criticité :

- la périodicité des contrôles internes sera de dix ans maximum ;
- le niveau de contrôle de chaque élément sera de niveau A lors du prochain contrôle sauf si le niveau de contrôle précédent de moins de dix ans était équivalent au niveau A ;
- le niveau et les échéances des contrôles suivants de chaque élément seront fonction d'une part des résultats de la précédent contrôle et d'autre part d'une analyse formalisée des dégradations constatées.

Dans tous les cas, le délai entre 2 contrôles hors exploitation peut être réduit si une visite de routine ou une contrôle externe détaillé réalisé entre-temps a permis d'identifier une anomalie. L'échéance pour la réalisation du premier contrôle hors exploitation doit respecter les engagements pris par la profession (courrier au MEDDE du 25 janvier 2013 et réponse du MEDDE du 18 avril 2013 qui figurent en annexe 4). Dans le cas d'un nouveau réservoir mis en service après janvier 2013, la première visite hors exploitation sera réalisée dans les dix ans suivant sa mise en service.

Cas particulier des bacs en acier inoxydable

Voir Annexe 10.

3.7. Méthodes de contrôle

Le contrôle visuel détaillé intéresse tous les éléments visibles et accessibles c'est-à-dire tous les items inspectables sur la structure, les accès et les accessoires du réservoir.

Ce contrôle visuel est complété par des contrôles non destructifs, objets des tableaux ci-dessous. A noter que cette liste de contrôle n'est pas exhaustive et doit être complétée ou adaptée si nécessaire, notamment en cas de situation atypique. Les techniques et les étendues de contrôles mentionnées peuvent être remplacées par d'autres aux performances équivalentes (ex : la magnétoscopie peut être remplacée par du ressuage ou de l'ACFM).

Trois niveaux de contrôles en termes d'étendue et de méthode sont proposés :

- niveau A : niveau le plus élevé
- niveau B : niveau intermédiaire
- niveau C : niveau le moins élevé

Le niveau, pour chaque élément du réservoir, est déterminé et adapté par le contrôleur en fonction :

- des mécanismes de dégradation identifiés
- des conclusions de l'analyse de criticité

- du facteur de confiance recherché
- de la date prévue du prochain contrôle

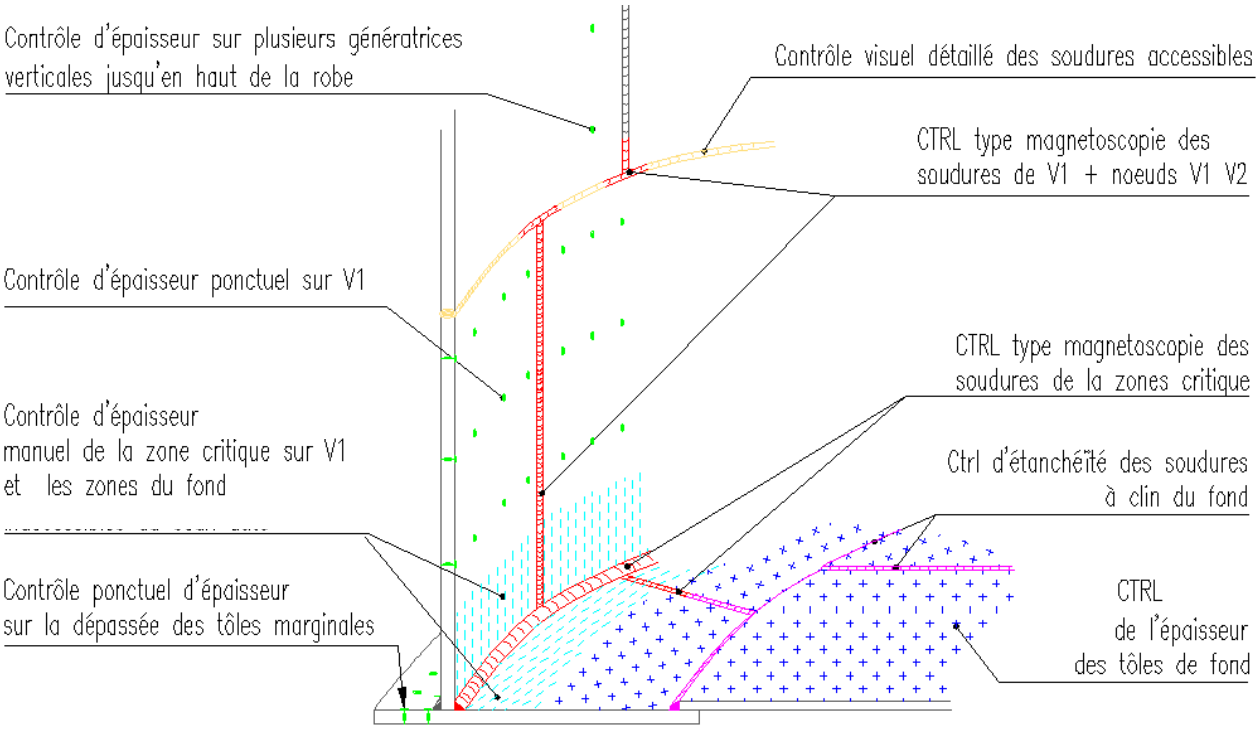


Schéma 3.2.a : Exemple de l'étendue des contrôles niveau A pour le pied de réservoir

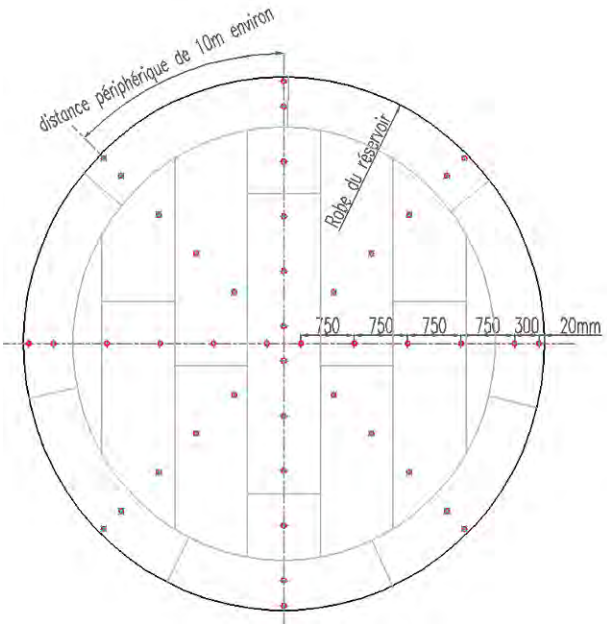


Schéma 3.2 b : Exemple de maillage de point pour le contrôle d'épaisseur du fond et le relevé géométrique interne

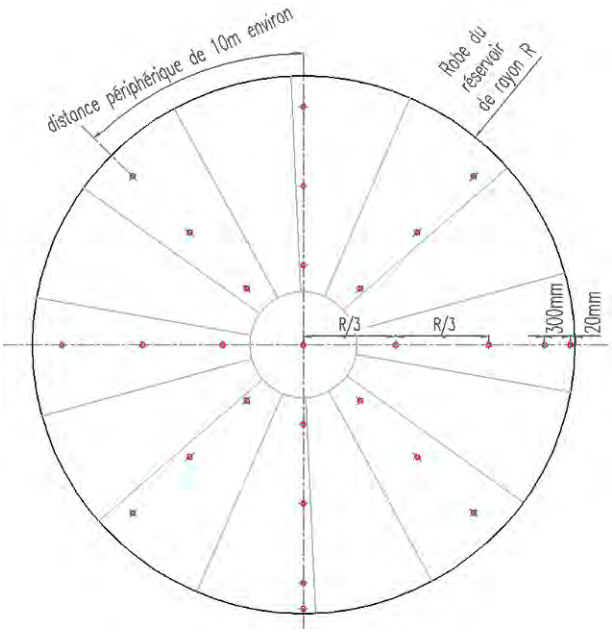


Schéma 3.2 d : Exemple de maillage de point pour le contrôle d'épaisseur du toit

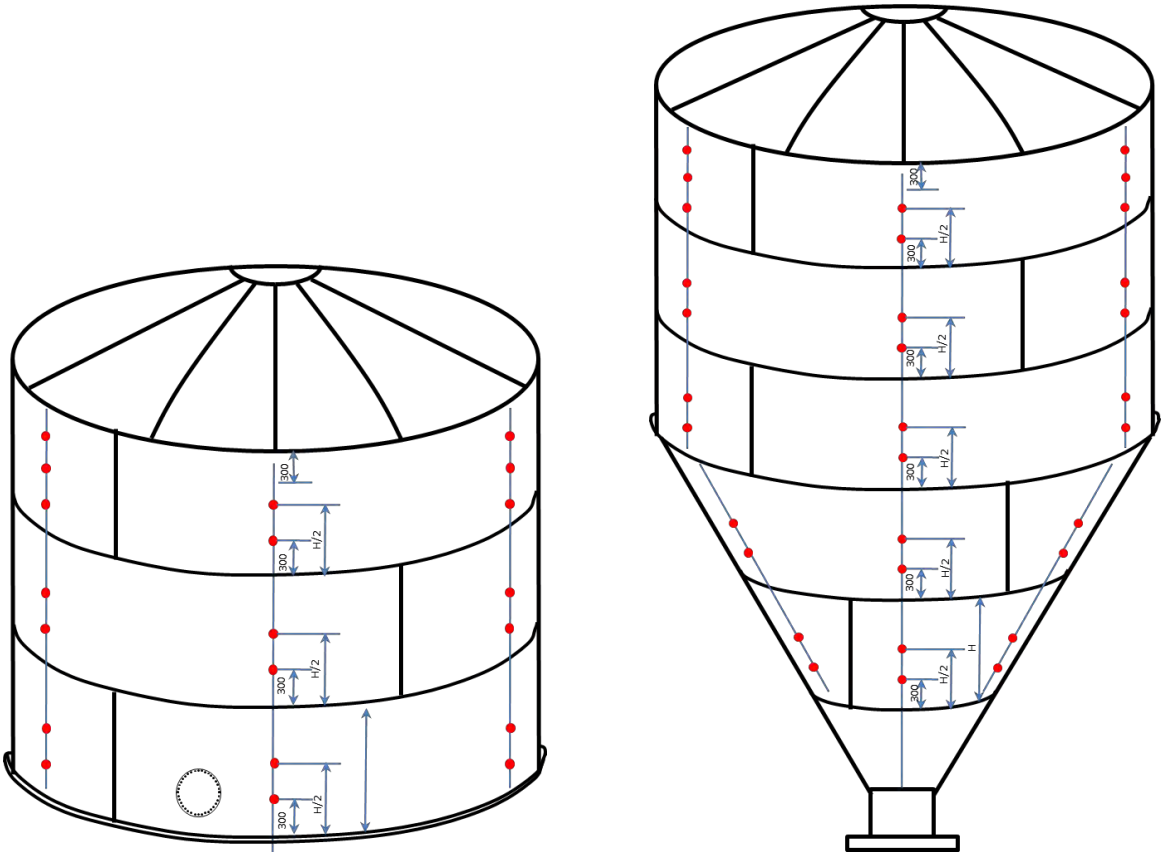


Schéma 3.2 c : Exemple de maillage pour le contrôle d'épaisseur de robe
et le relevé géométrique

Exemple de nombres de génératrices verticales en fonction du diamètre du bac :

Diamètre du bac	Nombre de génératrices verticales
d<20m	4
d>20 m	8

3.7.1. Contrôles du fond

Contrôles d'épaisseur du fond			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Tout le fond	Visuel interne 100% : Recherche des corrosions internes, puis évaluation des zones de corrosion		
Epaisseur des tôles centrales et marginales	Maillage adapté UT sur l'ensemble du fond		Mesures d'épaisseur UT le long de génératrices rayonnantes selon schéma 3.2 b (mini 1 point par tôle)
Pot de purge	Maillage UT		
Doublantes et tôles martyres	Mesures d'épaisseur UT		
Dépassée externe des tôles marginales	Visuel externe + Recherche de l'épaisseur résiduelle marginale	Visuel externe + Mesures de l'épaisseur résiduelle marginale dans les zones sensibles (exposition aux vents dominants, zone de rétention d'eaux pluviales, présence de terres,…)	Visuel externe
Contrôles géométriques	Inspection visuelle (déformations, tassements), si déformation et/ou tassement mesure à réaliser		

Contrôles des soudures du fond plat			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Soudures des tôles de fond **Fond non revêtu**	100% Visuel + CND recherche de défauts par méthode adaptée au mode de dommage sur 100% des doublantes + 10% soudures fond	100% visuel recherche de défauts par méthode adaptée dans les zones présentant des ondulations ou des enfoncements	
Soudure d'angle Robe-fond + soudures zone critique	100% visuel + 100% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel + 20% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel

Contrôles des soudures du fond conique			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Soudures robe cerce (ou renfort)	100% visuel + 100% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel + 20% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel
Soudure de liaison jupe/fon ou jupe/virole	100% visuel + 100% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel + 20% CND recherche de défauts par méthode adaptée	100% visuel

Contrôles particuliers d'un fond revêtu			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Revêtement anticorrosion interne	100% visuel		
Epaisseur des tôles	CND : Idem tableau 3.7.1 (contrôle épaisseur du fond) : - Les revêtements courants jusque 3mm d'épaisseur permettent un contrôle par ultrason ou le passage d'un scanner. CND systématique selon tableau relatif aux contrôles d'épaisseur du fond en cas de dépose partielle ou totale du revêtement		
Soudures des tôles de fond	CND recherche de défauts par méthode adaptée dans les zones présentant des ondulations ou des enfoncements CND systématique selon tableau relatif aux contrôles des soudures du fond en cas de dépose partielle ou totale du revêtement		
Soudure d'angle Robe-fond et soudures zone critique	CND recherche de défauts par méthode adaptée en cas d'enfoncement périphérique CND systématique selon tableau relatif aux contrôles des soudures du fond en cas de dépose partielle ou totale du revêtement		

Pour les réservoirs construits sur une galette béton ou un film d'étanchéité enterré, certaines des mesures de contrôle décrites ci-dessus peuvent être, le cas échéant, allégées.

3.7.2. Contrôles de robe

Contrôles d'épaisseur de robe (non calorifugée)			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Zone critique (1)	Visuel interne et externe100% + maillage UT adapté		Visuel interne et externe 100% + Mesures de l'épaisseur résiduelle avec une méthode adaptée si présence de corrosion
Tôles des viroles 1 à n*	Visuel interne et externe 100%** + Mesures d'épaisseur UT selon schéma 3.2 c		Visuel interne et externe 100%** + Mesures de l'épaisseur résiduelle avec une méthode adaptée si présence de corrosion

(1) La zone critique sur les bacs à fond conique n'est pas toujours au niveau de la liaison virole/fond conique. Cette zone est fonction du positionnement des pieds/jupe supports qui peuvent être soit sur la virole soit sur le fond. En général étant donné la forme il n'est pas attendu de corrosion intérieure particulière dans cette zone

Contrôles de soudures de robe			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Soudures verticales de la virole 1 + nœuds V1 / V2	Visuel 100% + recherche de défauts selon méthode adaptée		Visuel 100%
Soudures verticales et horizontales des viroles 2 à n	Visuel 100% **+Contrôles complémentaires selon l'analyse des modes de dégradation		

Contrôles géométriques de robe			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Toute la robe	Visuel 100% + Mesure de verticalité Mesure de nivellement sur la dépassée	Visuel 100% + Contrôle de verticalité	Visuel 100%

* n est le nombre de virole (séparations horizontales)

** Contrôle visuel à partir des zones accessibles

Contrôle des accessoires de robe et piquages			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Piquages de robe & Trous d'homme	Visuel + Epaisseur par UT : 4 points par piquage + contrôles adaptés en cas d'enfoncement		Visuel + contrôles adaptés en cas d'enfoncement
Réparations antérieures par doublage ou insert*	Visuel 100%		
	Epaisseur par UT + Recherche défauts par méthode adaptée des soudures		/
Supports sur robe (pour fourreau, tubulures, passerelles…) Poutre au vent et raidisseurs secondaires de robe	Visuel 100%** CND par méthode adaptée en présence de corrosion ou déformation		
Pieds des bacs à fond conique	Visuel 100%		
Système de mise à la terre si existant	Contrôle de la bonne connexion électrique		

* Pour les inserts, vérification une fois si aucun certificat de contrôle initial. Ils sont ensuite considérés comme des tôles d'origine

** Contrôle visuel à partir des zones accessibles

Cas particulier des réservoirs calorifugés			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Tôle de calorifuge et isolation	Visuel externe + Visuel paroi après décalorifugeage des zones dégradées, des points singuliers et des zones représentatives* à définir et adapter en fonction des constats	Visuel externe + Visuel paroi après décalorifugeage des zones dégradées et points singuliers*	Visuel externe + Visuel paroi après décalorifugeage des zones dégradées

* La dépose du calorifuge pour contrôle doit être optimisée dans les zones potentielles de corrosion : par exemple à l'aplomb d'un défaut d'étanchéité, à proximité des piquages, des traçages, raidisseurs…

<u>Remarque</u> : des trappes peuvent être installées selon schéma 3.2c afin de contrôler périodiquement l'aplomb du réservoir et l'épaisseur structurelle de la robe.

Les contrôles de robe (épaisseur et géométrie) peuvent aussi être réalisés depuis l'intérieur du réservoir

Contrôles de jupes/pieds supports			
Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Jupe/pied	Visuel externe100% UT sur plusieurs hauteurs (idem viroles)	Visuel externe 100% maillage UT partie basse	Visuel externe 100% + Mesures de l'épaisseur résiduelle avec une méthode adaptée si présence de corrosion
Soudure jupe-pieds/virole, jupe-pieds/fond	Visuel externe 100 % + 100% recherche de défaut soudures avec méthode adaptée	Visuel externe 100 % + 25% recherche de défaut soudure liaison jupe/fond ou 25% des pieds supports avec méthode adaptée	Visuel externe 100 %

3.7.3. Contrôles de toit et accessoires

Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Tôle de toit	Visuel externe et/ou interne + Mesures d'épaisseur UT selon schéma 3.2d		Visuel externe et/ou interne + Mesures de l'épaisseur résiduelle avec une méthode adaptée si présence de corrosion
Charpente autoportée et poteaux de charpente	Visuel interne des zones accessibles Prévoir accès si tôles de toits corrodées ou déformation toit et charpente* pour contrôle des profilés porteurs et des poteaux		
Event et soupapes	Contrôle selon plan de maintenance préventive		
Piquages et tubulures de toit	Visuel		

* La mesure de perte d'épaisseur des tôles de toit permet d'estimer celle des fers de charpente internes

3.7.4. Contrôles des moyens d'accès

Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Passerelles sur toit Passerelles de liaisons Escaliers Echelles	Visuel 100%		

Contrôles du revêtement externe anticorrosion sur robe et toit

Eléments du réservoir	**Niveau A**	**Niveau B**	**Niveau C**
Revêtement anticorrosion sur robe et toit	Visuel à 100% + Contrôle selon méthode adaptée en présence de défaut de continuité du revêtement ou de taches de corrosion		

3.8. Critères d'acceptabilité des défauts

Remarque préliminaire : Lorsqu'une évaluation est faite à partir de critères particuliers définis dans l'un des codes cités dans ce chapitre, elle doit être faite pour l'ensemble des critères issus de ce code. Seules des évaluations supplémentaires, non prévues dans le code choisi pourront éventuellement être apportées.

Ce paragraphe récapitule les critères d'acceptabilité pour les principaux défauts rencontrés. Les défauts particuliers non listés dans ce paragraphe seront traités selon le code retenu.

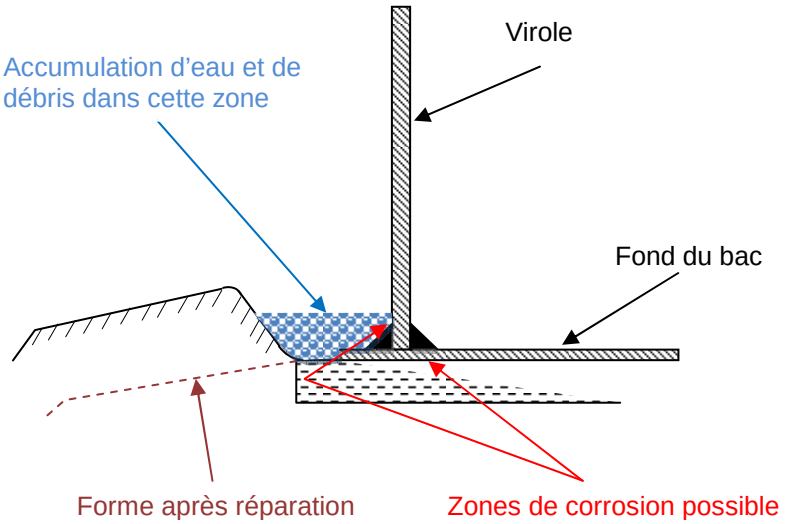
3.8.1. Assises et fondations

La stabilité de la fondation est importante pour l'intégrité du fond du réservoir. Un tassement excessif et irrégulier peut entraîner des défaillances du fond par excès de contraintes mécaniques. Le tassement génère également la formation de gouttières pouvant entraîner une corrosion localisée. Il est important d'analyser les mesures de tassement du réservoir et de surveiller étroitement les conditions internes et externes. Lors du premier examen d'un fond neuf ou dont une grande partie a été remplacée, l'état du fond est à étudier pour détecter les anomalies.
Les contraintes issues des tassements de l'assise doivent être évaluées. Des calculs de structure prenant en considération les déformations relevées peuvent permettre de comparer les contraintes induites aux contraintes maximum admissibles. L'évaluation peut également être faite selon les recommandations qui suivent, issues de guides, codes ou standards reconnus pour ce type d'équipement.

Remarque sur les critères d'acceptation des défauts liés aux tassements
Conformément aux codes d'inspection précédemment cités, ces critères d'acceptabilité s'appliquent pour des réservoirs dont les tôles ont des épaisseurs supérieures aux épaisseurs de retrait.
Dans nos industries les assises des bacs sont en béton (semelles béton), le risque de déformation du fond du bac et de tassement différentiel est extrêmement faible.

Tassement uniforme général

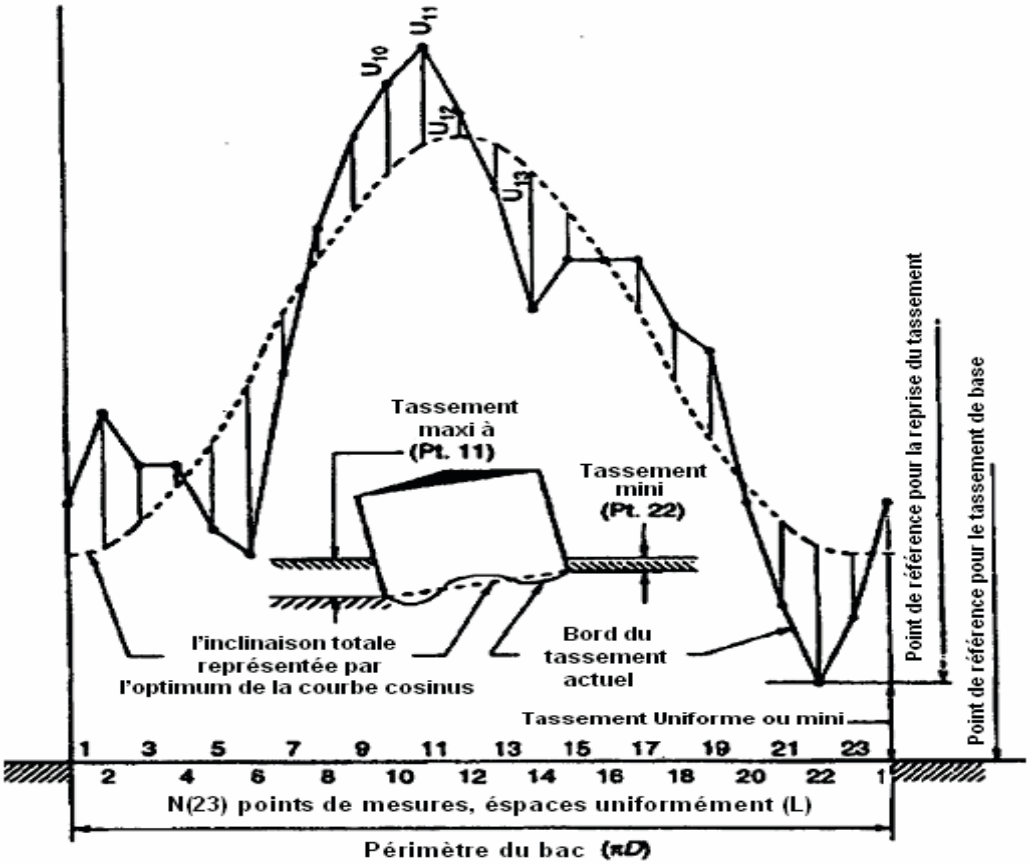
Un tassement uniforme du réservoir n'engendre pas de contrainte sur la structure du réservoir. Cependant, en cas de tassement uniforme excessif sur l'ensemble du réservoir, il faudra s'assurer que les lignes de drain et tuyauteries peuvent s'adapter aux variations de niveau du réservoir. Le fond du réservoir doit rester à une distance suffisante de la nappe phréatique.
De plus le tassement de la fondation peut créer une gouttière périphérique autour de la robe du réservoir et favoriser la corrosion par la stagnation des eaux de pluie. Dans ce cas, la banquette sera re-profilée en conservant la pente initiale.



Tassement de la virole dans la fondation du bac

Inclinaison plane du réservoir

L'inclinaison d'un réservoir correspond à la rotation du plan de pose du réservoir.
La rotation du réservoir selon un plan incliné entraîne une élévation du niveau liquide et une augmentation de la contrainte sur la robe du réservoir. Comme pour le tassement uniforme, il faudra s'assurer que les lignes de drain et tuyauteries peuvent s'adapter aux variations de niveau du réservoir
Une représentation graphique communément reprise par l'ensemble des codes d'un tassement différentiel des viroles est montrée ci-dessous. La figure montre l'inclinaison plane d'un réservoir représentée par l'optimum de la courbe sinusoïdale (en pointillé) avec le tassement différentiel actuel réel tracé à partir des 23 points de référence de la circonférence.



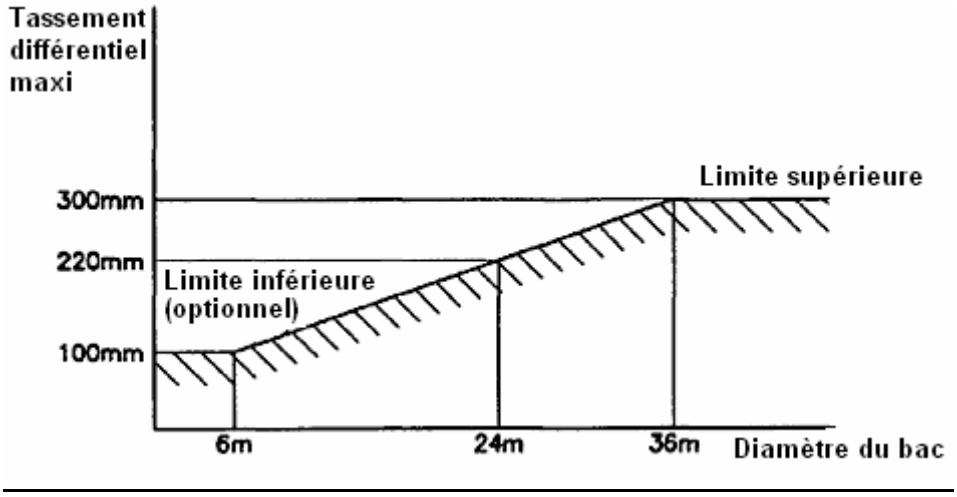
Représentation graphique d'un tassement différentiel de virole

Tassement différentiel périphérique

La cause principale du tassement périphérique est une capacité portante insuffisante et/ou une stabilité insuffisante de l'assise sous la robe.
L'inclinaison est généralement associée à des tassements différentiels qui induisent des contraintes additionnelles sur la robe du réservoir. Ces tassements différentiels en périphérie entraînent des déformations en partie haute du réservoir. L'ovalisation peut également affecter les structures porteuses du toit telles que les poteaux, les chevrons et les poutrelles. Le tassement différentiel peut faire apparaître des zones plates localisées sur la robe du réservoir.
Alors que l'inclinaison peut générer les problèmes énumérés ci-dessus, le tassement différentiel est l'élément essentiel à déterminer et à évaluer pour assurer l'intégrité structurelle de la robe et du fond du réservoir.

Réservoir à toit fixe sans écran flottant de diamètre inférieur à 40 mètres

Le tassement différentiel maximum acceptable entre deux points quelconques de la périphérie d'un réservoir à toit fixe sans écran flottant, mesuré au plus près de la limite virole/fond est à déterminer en fonction de son diamètre selon la courbe suivante :



Le tassement différentiel maximum acceptable entre deux points quelconques de la circonférence ne doit pas excéder 300 mm. Il doit rester inférieur à 100 mm pour des réservoirs de moins de 6m de diamètre. Pour les valeurs de diamètre comprises entre 6m et 36m, le tassement différentiel maximum acceptable est déterminé par la formule suivante :

$$Td \leq \left(\frac{200}{30} \times (D - 6)\right) + 100$$

où

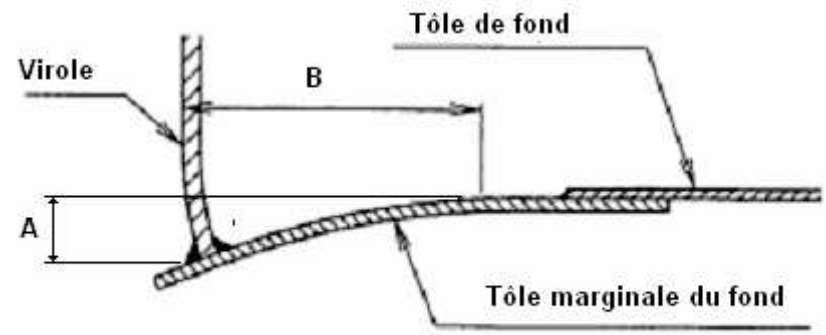
Td : tassement différentiel maximum acceptable (mm)

D : diamètre du réservoir (m)

Pour limiter les contraintes localisées des composantes du réservoir, le tassement différentiel maximum entre deux points consécutifs (ou flèche) n'excèdera pas 100 mm ou 1% de la distance entre deux points consécutifs

Tassement localisé en bordure

Le tassement, lorsqu'il concerne la bordure périphérique, doit faire l'objet d'une analyse particulière du fond et de la soudure robe/fond. Les déformations induites par un tassement périphérique localisé du fond doivent être relevées selon la figure suivante :



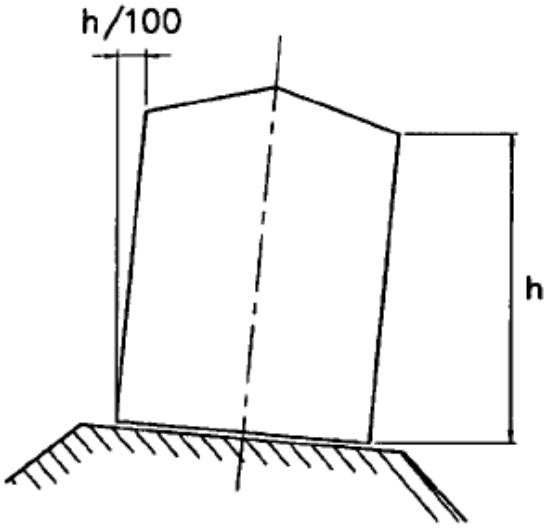
Tassement maximal acceptable des bords

L'analyse proposée communément par le CODRES SIA3.3 repose sur des valeurs de tassement maximum admissibles selon que la zone concernée comprend des soudures à clin parallèles à la robe (à ±20°) ou non, lorsqu'il n'y a pas de soudure ou si celles-ci sont orientées perpendiculairement à la robe (à ±20°). Une formule d'ajustement est donnée pour les soudures orientées selon des angles intermédiaires par rapport à la robe.
Les graphes proposés donnent les valeurs admissibles du tassement en fonction de la longueur affectée en radial pour différents diamètres de réservoir.
Si la valeur mesurée du tassement atteint 75 % de la valeur admise par les graphes, les soudures de la liaison robe/fond et de la zone soumise à tassement doivent faire l'objet d'un examen visuel et, en cas de doute, d'un contrôle complémentaire pour recherche de défaut de surface

Inclinaison du réservoir

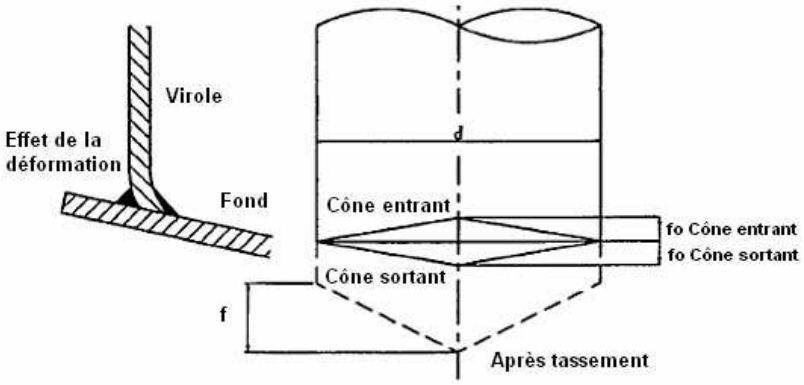
Evaluation selon le CODRES 2009

L'inclinaison maximale de la robe devra rester inférieure à h/100. A défaut, un programme de surveillance sera mis en place pour détecter une éventuelle évolution.



Tassement du fond

Lorsque la différence de tassement entre le centre du fond et la périphérie du réservoir est excessive, les contraintes agissant sur le fond tendent à tirer la jonction robe/fond vers l'intérieur et créent une contrainte de compression pouvant générer des déformations.
La flèche initiale du fond, qu'elle soit convexe ou concave n'est plus respectée.



DIN 4119 Méthode de calcul

Evaluation selon le CODRES 2009

Le différentiel de tassement entre la flèche mesurée et la flèche initiale doit respecter la formule suivante :

Df ≤ 2 x D

où

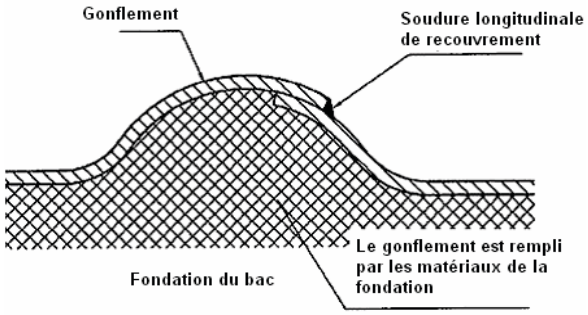
Df = différentiel entre la flèche mesurée et la flèche initiale (cm)

D = diamètre du réservoir (m)

Une attention particulière est à porter sur la soudure de liaison robe/fond. Cette liaison doit faire l'objet d'un contrôle visuel détaillé et, en cas de doute, de contrôles complémentaires de recherche de défauts de surface par une méthode appropriée (voir annexe).

Ondulations sur le fond

Lorsque le réservoir est composé d'un fond conique convexe le tassement entre le centre du fond et sa bordure périphérique tend à aplanir la forme du fond, générant un excès de longueur de tôles sur le diamètre. Cette matière en excès entraîne la formation d'ondulations sur les tôles centrales.



Evaluation selon l'EEMUA 159 et le CODRES 2009

Les ondulations sont acceptables lorsque les ratios de la hauteur (h) sur la longueur (l) de l'ondulation respectent la formule suivante :

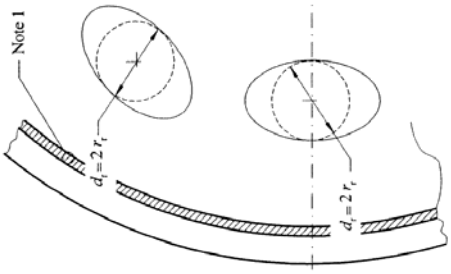
Ondulation en appui sur fondation : **h/l ≤ 0,15**

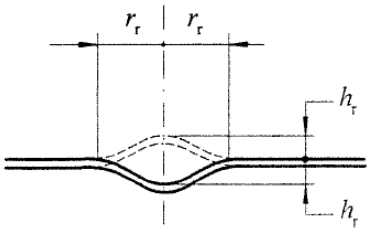
Des ondulations peuvent se former sur les lignes de soudures à clin dans le sens longitudinal. Il est important que ces ondulations ne forment pas de plis sévères (arêtes). Il faudra s'assurer de l'absence de fissuration locale de ces soudures

Cloques sur le fond

Des cloques localisées peuvent se former sur le fond.

Une approche commune admise pour les relevés des tassements différentiels est celle t reprise en partie dans le CODRES Div.2 Annexe SIA3 (Rev. 05-2009).





La taille maximum admise pour les cloques est donnée par la formule suivante :

Hr ≤ 4 dr

où :

Hr = hauteur maximum de la cloque (cm) dr = diamètre du cercle inscrit dans la cloque (m)

3.8.2. Corrosion

3.8.2.1. Corrosion du fond

Les critères d'acceptabilité de l'épaisseur mesurée des tôles de fond doivent prendre en compte la durée prévue du fonctionnement jusqu'à la prochaine contrôle. Les codes construction définissent les valeurs minimum acceptables pour les tôles de fond.

Sauf dispositions particulières, l'épaisseur minimum des tôles de fond (tôles centrales) communément admise est 2,5mm.

L'épaisseur des tôles annulaires est définie dans la note de calcul du constructeur en respect d'une analyse de contraintes et dépend des caractéristiques du matériau, de l'épaisseur adoptée pour la première virole, et des conditions de service (densité du produit, calcul au séisme,…).

L'épaisseur minimum admissible des tôles annulaires de réservoirs est déterminée en respect des règles établies dans les codes de construction ou dans les codes d'inspection et de maintenance associés.

Exemple d'évaluation d'épaisseur minimale selon CODRES 2009

Pour les réservoirs construits selon le code CODRES, l'épaisseur minimum résiduelle des tôles annulaires est donnée dans les chapitres SIA2.2.3 et SIA2.2.4 du CODRES 2009. Elle est donnée selon l'une des formules suivantes :

L'épaisseur minimum résiduelle des tôles de la zone critique des réservoirs de moins de 12,5 m de diamètre est :

- 4 mm pour les tôles en acier carbone ou carbone manganèse
- 3,5 mm pour les tôles en acier inoxydable

L'épaisseur minimum résiduelle des tôles de la zone critique des réservoirs de plus de 12,5 m de diamètre est :

$$ecmin = 2/3\ MAX\{3 + e1/3\ ;\ efmin\}$$

où :

ecmin = épaisseur résiduelle minimum des tôles de la zone critique du fond lors du prochain contrôle (mm)

e1 = épaisseur de la virole inférieure surépaisseur de corrosion exclue (mm)

efmin = épaisseur résiduelle minimum mesurée des tôles de la zone courante du fond après réparation

3.8.2.2. Corrosion de la robe

Corrosion généralisée

Exemple de calcul selon CODRES 2009

L'épaisseur de retrait (tR) communément admise pour les tôles de viroles est établie à l'aide de la formule suivante :

$$tR = \frac{D}{20 \times S \times E}[98 \times w\ (H - 0{,}3) + P]$$

où :

tR = Epaisseur de retrait (mm) n'est pas inférieure à 2,5 mm ou 50% de l'épaisseur d'origine de la tôle

D = Diamètre nominal (m)

H = Hauteur de la zone examinée jusqu'à la hauteur maximale de remplissage (m)

W = Densité spécifique du fluide stocké

P = Pression nominale (mbar)

S = Contrainte admissible (N/mm²). Si connue, utiliser 0,8 fois la limite apparente minimale d'élasticité (Y). Sinon utiliser Y= 215

E = Coefficient de soudure du réservoir. Si E est inconnu, la valeur 0,85 pourra être utilisée. D'une façon générale, on peut utiliser 0,85 pour les réservoirs construits avant 1968, la valeur 1 est acceptable pour les réservoirs construits après cette date. Pour les zones suffisamment éloignées des soudures (distances supérieures à 25 mm ou 2 x épaisseur de la tôle), utiliser E = 1.

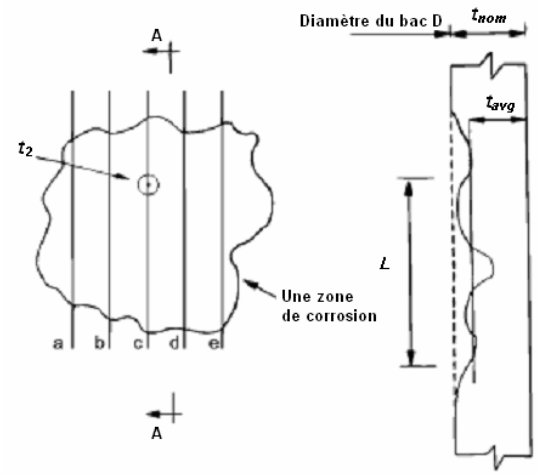
<u>Corrosion localisée</u>

<u>Exemple dévaluation selon CODRES 2009</u>

Les réservoirs souffrent le plus souvent de corrosion localisée. La règle habituelle de calcul pour établir l'épaisseur de retrait repose sur l'hypothèse d'une corrosion généralisée.

Dans les cas de corrosion localisée, les règles suivantes peuvent être utilisées :

- Pour chaque zone, déterminer l'épaisseur minimale t2 en tout point de la zone corrodée, hormis les piqûres largement dispersées
- La longueur critique L est ensuite calculée avec la formule **L= 0,034√(D x t2**)



où :

L = Longueur verticale maximale en mètres, au-dessus de laquelle les contraintes annulaires sont supposées s'égaliser sur les discontinuités locales (remarque : la longueur verticale réelle de la zone corrodée peut dépasser L).

D = Diamètre du réservoir en mètres.

t2 = épaisseur mesurée minimale (mm), dans une zone de corrosion, hors piqûres.

Des mesures de profil sont faites le long de chaque plan vertical sur une distance L.

Pour chaque plan, au moins cinq mesures, également réparties, seront faites sur la longueur L pour déterminer l'épaisseur moyenne (tavg) la plus faible.

L'évaluation finale respecte les conditions suivantes :

- Si L est supérieur à 1 m et que l'épaisseur mesurée est inférieure à l'épaisseur de retrait (tR), la zone sera à réparer ou à remplacer
- Si L est inférieur à 1 m, il sera nécessaire de calculer l'épaisseur moyenne (tavg)
    - Si tavg est inférieur à tR, la zone sera à réparer ou à remplacer
    - Si t2 est inférieur à 60% de tR, la zone sera à réparer ou à remplacer.

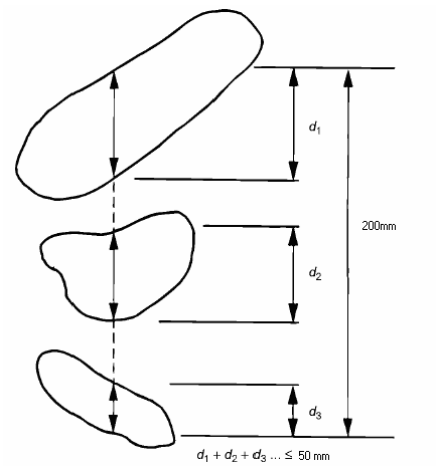
Corrosion par cratères

Exemple d'évaluation selon CODRES 2009

En général, les cratères ne représentent pas une menace sérieuse pour l'intégrité structurelle globale des viroles, à moins qu'ils ne soient présents sous une forme sévère avec des cratères rapprochés. La règle suivante, communément admise, peut être appliquée.

Les cratères largement dispersés peuvent être ignorés sous réserve que :

- aucune profondeur de cratère ne rend l'épaisseur de virole restante inférieure à 50 % de l'épaisseur de retrait calculée (tR),
- la somme de leurs dimensions le long de toute ligne verticale ne dépasse pas 50 mm, mesurés sur une longueur de 200 mm.



Raidisseurs

Pour les poutres principales au vent et les raidisseurs secondaires, il est important de conserver leur rôle de renfort annulaire.

Exemple d'évaluation selon CODRES 2009

La valeur du module de section ne doit pas être inférieure à 75% de sa valeur requise à l'origine.

De plus, pour les poutres au vent utilisées comme passerelle, l'épaisseur moyenne sur une zone de 500 mm x 500 mm ne doit pas être inférieure à 3 mm.

3.8.2.3. Corrosion du toit

Si un contrôle externe, par CND, a révélé une corrosion interne des tôles de toit, la charpente du toit est probablement affectée de manière similaire. Si une telle corrosion est détectée, un contrôle interne détaillé des tôles du toit et de la charpente est programmée.

Il est communément admis que :

- si la corrosion a entraîné une perte de métal de 25% ou plus sur l'une des pièces de la charpente du toit, toutes ces pièces sont à réparer ou remplacer ;
- si les perforations sont dispersées et non généralisées, les tôles du toit peuvent être réparées par rapiéçage ; sinon, il faut les remplacer.

Exemple d'évaluation des tôles de toit selon CODRES 2009

Les tôles de toit fixe corrodées ayant une épaisseur moyenne inférieure à 2,5 mm dans une zone de 500 mm x 500 mm sont à réparer ou à remplacer.

3.8.2.4. Corrosion des pieds et jupes de bacs

Les critères d'acceptabilité de l'épaisseur mesurée des tôles des pieds SUPPORTS (IPN/UPN/tubes) ainsi que tôles des jupes support doivent prendre en compte la durée prévue du fonctionnement jusqu'au prochain contrôle.

Les durées de vies résiduelles seront évaluées conformément au §3.5.3, les épaisseurs de retrait étant données dans les notes de calcul.

3.9. Personnels en charge du suivi des réservoirs

3.9.1. Qualification

3.9.1.1. Opérateurs

Personnels internes ou externes dument qualifiés pour les visites de routine.

3.9.1.2. Contrôleurs

Inspecteurs habilités des Services Inspection Reconnus par le préfet ou le ministre chargé du développement durable ; personnes compétentes, aptes à reconnaître des défauts susceptibles d'être rencontrés et à en apprécier la gravité, et désignées par l'exploitant ; contrôleurs extérieurs ou techniciens spécifiquement formés au contrôle des réservoirs, et pouvant justifier de :

- 2 ans d'expérience minimum dans le domaine des réservoirs (maintenance, contrôle) ou en inspection des ESP
- Connaissances adaptées aux :
  - réglementation, codes, normes et guides techniques,
  - matériaux et métallurgie,
  - soudage,
  - conception des réservoirs et de leurs modes de dégradation,
  - techniques de contrôle non destructif.

Une liste nominative du personnel qualifié est établie pour le personnel interne.

Pour les contrôleurs extérieurs, il doit s'agir de prestataires extérieurs dûment qualifiés pour la réalisation de ce type de contrôle par l'entreprise utilisatrice sur la base d'un cahier des charges précisant le niveau de qualification requis et les limites de prestations.

Techniciens spécifiquement formés et disposant de certifications COFREND ou équivalentes pour la réalisation des CND. Cette disposition ne concerne pas le contrôle visuel.

Personnel spécialisé pour les autres opérations (relevés géométriques, …).

3.9.2. Organisation

3.9.2.1. Elaboration des plans de contrôle

L'élaboration des plans de contrôle est réalisée suivant une méthodologie conforme aux exigences du présent guide par l'entité en charge des contrôles.

De plus, dans le cas des plans de contrôle basés sur une étude de criticité, cette entité s'appuiera sur une équipe pluridisciplinaire réunissant les compétences nécessaires (exploitation, maintenance, sécurité, environnement…).

3.9.2.2. Mise en œuvre des plans de contrôle

Les différentes opérations prévues dans les plans de contrôle sont :

- Visites de routine réalisées par des opérateurs ;
- contrôles détaillés en/hors exploitation réalisées par des contrôleurs ;
- Contrôles non destructifs et mesures réalisés par des contrôleurs.

3.10. Réparations

Ce chapitre n'a pas pour vocation de se substituer aux codes de réparations retenus mais de les compléter éventuellement sur la base de bonnes pratiques.

3.10.1. Généralités

Ce chapitre propose des bonnes pratiques de réparation effectuées dans le cadre des travaux de maintenance nécessaires au retour en exploitation d'un réservoir après contrôles et contrôles définies dans les chapitres précédents et en complément des codes, en considérant que :

- tous les défauts hors critères d'acceptabilité seront réparés ;
- toute modification devra faire l'objet d'une étude complète par une personne ou une ingénierie compétente et n'est pas traitée ici ;
- un code de référence (CODRES div2, …) est choisi et appliqué pour toutes les opérations de maintenance du réservoir considéré. Ces différents codes précisent également les contrôles à réaliser après réparation.

3.10.2. Méthodes de réparation

3.10.2.1. Réparation des fonds de réservoir

Les tôles de fond peuvent être réparées par remplacement des tôles ou parties de tôles ou par rechargement.

Toute soudure défectueuse sera meulée, réparée et contrôlée.

- On peut réparer des points de corrosion isolés par rechargement dès lors qu'il reste suffisamment de métal (une épaisseur d'environ 3 mm est généralement considérée comme suffisante) pour ne pas percer par brûlage.
- Pour des zones plus étendues, le remplacement des tôles ou parties de tôles sera mis en œuvre. Les données dimensionnelles sont définies dans le CODRES div.2.

On peut en dernier lieu remplacer un fond complet.

3.10.2.2. Réparation de la robe de réservoir

Le mode de réparation des défauts localisés tels que les pertes d'épaisseur, les défauts métalliques en général découverts au cours d'un contrôle des viroles est défini au cas par cas :

- Par rechargement, selon les règles définies dans les codes, en s'appuyant sur des qualifications de soudage adéquates,
- Par inserts de tôles complètes ou partielles en découpant et en soudant bout à bout parallèlement aux soudures existantes. Pour rappel, les inserts doivent respecter les principes suivants :
    - L'épaisseur minimale des tôles de remplacement devra être égale à l'épaisseur nominale de la plus épaisse des tôles de la même virole et les nuances équivalentes ;
    - Les dimensions, distances entre soudures et formes des inserts sont donnés dans les codes pris en référence ;
    - Avant de souder les nouveaux cordons verticaux, les soudures horizontales doivent être découpées 300 mm au-delà du cordon vertical ;
    - Les soudures verticales doivent être réalisées avant les soudures horizontales.

<u>Réparation des poutres raidisseuses</u>

Dans la mesure du possible, on répare la poutre raidisseuse par placards ou inserts. Il est conseillé d'appliquer un revêtement de protection afin de protéger la liaison poutre/robe.

3.10.2.3. Réparation des toits

Dans le cas de percements isolés le toit est réparé par placards sur les zones définies.

Lorsque l'on constate une trop grande perte d'épaisseur des tôles de toit, celles-ci sont changées par les méthodes classiques de construction décrites dans le code pris en référence.

Des réparations provisoires peuvent se faire en marche (résine ou tôles).

La corrosion de la charpente du toit est dangereuse pour l'ensemble de la structure. Si on constate une perte d'épaisseur hors tolérances, une étude spécifique de résistance doit être menée.

Elle peut conduire à un renforcement ou un remplacement des poutres défectueuses après supportage provisoire de l'ensemble durant les travaux.

Les réparations sont menées en accord avec le code pris en référence.

Pour la face inférieure du toit comme pour la charpente, en cas de corrosion, il peut être appliqué un revêtement interne (400 µm minimum) dans les zones concernées.

3.10.2.4. Réparation des pieds et jupes support de bacs

Les réparations seront adaptées aux dégradations constatées.

- Corrosion avec épaisseur résiduelle de retrait non atteinte : sablage/peinture pour stopper la dégradation (+ surveillance)
- Corrosion avec épaisseur résiduelle sous l'épaisseur de retrait :
    - Limitation du niveau du bac (alarmes + consignes)
    - Rechargement, remplacement ou renforcement de la zone corrodée
- Flambement/déformation :
    - Arrêt du bac ou diminution de charge + balisage et consignes + renforcement si possible
    - Remplacement du supportage à l'identique
- Boulonnerie : Toute boulonnerie défaillante (corrosion/absence..) sera remplacée

3.10.3. Revêtements

Les systèmes de peintures représentent un moyen de protection contre la corrosion atmosphérique, y compris sous calorifuges et ignifuges. C'est également un moyen efficace de prévention de la corrosion interne. Les spécifications de qualification, d'application et de contrôle doivent être particulièrement étudiées et leur respect vérifié.

En construction, l'emploi de tôles pré-peintes en usine se généralise pour les réservoirs aériens verticaux. Le dessous des fonds peut être également revêtu d'une couche de peinture bitumineuse.

La majorité des défaillances prématurées d'un revêtement étant due à une mauvaise préparation de la surface, au choix d'un produit inadapté ou à une mauvaise application, la préparation et le contrôle de chaque phase du travail sont essentiels.

3.10.4. Essai hydraulique après réparation ou modification

Un essai hydraulique peut être mis en œuvre après une intervention majeure de maintenance sur les parties essentielles de résistance du réservoir, par exemple :

- réalisation de réparation importante par soudage sur la robe du réservoir ou sur les tôles de la bordure annulaire,
- remplacement complet des tôles du fond et des tôles de bordure annulaire,
- soulèvement du réservoir et remise à niveau,
- reprise importante des fondations du réservoir.

Pour les piquages de petit diamètre, pour les réparations mineures ou pour des impossibilités techniques ou environnementales, l'essai hydrostatique peut être remplacé par des dispositions compensatoires définies dans les codes, comprenant notamment un contrôle des soudures.

Pour les bacs de stockage contenant des produits dont la densité du produit est supérieure à 1.2 une surveillance lors de la mise en service sous-produit devra être définie et réalisée (absence de fuite pouvant être validée par production).

3.11. Gestion du retour d'expérience

La prise en compte et le partage du retour d'expérience sont très importants pour l'élaboration des plans de contrôle. Plus les données d'expériences sont nombreuses et fiables, plus les plans de contrôle permettent de pratiquer des surveillances sûres et meilleure est la maîtrise de l'état des réservoirs.

L'expérience est réactualisée et consolidée en permanence par :

- les constats et résultats des contrôles,
- les enseignements tirés des presqu'incidents, notamment ceux qui auraient pu conduire à un incident grave,
- les enseignements tirés des incidents et des accidents vécus sur le site, et dans d'autres sites,
- les résultats d'investigations réalisées sur des appareils réformés et remplacés,
- les résultats des nouvelles techniques relatives aux évolutions technologiques dans la conception et les matériaux des réservoirs,
- l'évolution des méthodes de CND.

Ces données sont échangées et consolidées à fin d'exploitation :

- au sein de chaque site et chaque société, au cours de rencontres, de diffusion de documentations et recommandations,
- dans le cadre des entités professionnelles et interprofessionnelles telles que COPACEL, l'ATIP ou l'AUCR.

Exemple de fiche REX pour le partage du retour d'expérience (annexe 8)

3.12. Délais de mise en application des révisions du guide

Les plans de contrôle concernés par les révisions du guide seront, sauf disposition réglementaire contraire ou autre précision complémentaire, mis à jour dans un délai de 24 mois suivant la date de publication du guide révisé.

4. SURVEILLANCE DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL ET STRUCTURES

4.1. Surveillance des structures et supports métalliques

Ce paragraphe traite de la surveillance des structures métalliques concernées par le Plan de modernisation établi par le site.

Structures concernées :

- Jupes métalliques
- Poteaux métalliques supports
- Charpente métallique (support de bac)

4.2. Surveillance des ouvrages génie civil, structures béton

Ce paragraphe traite de la surveillance des ouvrages génie civil et des structures concernées par le Plan de modernisation établi par le site.

Ouvrages concernés :

- Fondations/supports en béton armé
- Rétentions en béton armé
- Bacs de stockage en béton armé

4.3. Vieillissement des ouvrages de génie civil et structures porteuses

Le vieillissement d'un ouvrage de génie civil (ouvrage géotechnique, en béton armé, ouvrage métallique, canalisation, …) n'est pas directement liée à son âge : bien que le processus de vieillissement soit évolutif, il dépend de nombreux facteurs qui peuvent, ou bien le retarder, ou bien le favoriser.

Ainsi, concernant les cuvettes de rétention et les fondations de bacs, le vieillissement peut être influencé par les facteurs suivants :

- Conception :
  - nature des matériaux constitutifs
  - qualité de la construction
  - critères de dimensionnement retenus
  - dispositions constructives adoptées
  - mesures de protection mises en œuvre
- Agressivité des fluides pouvant être contenus
- Agressivité de l'environnement :
  - conditions climatiques (cycles gel/dégel, périodes de sècheresse, …)
  - environnement chimique
  - variations des conditions hydrogéologiques
- Interventions sur l'ouvrage :
  - nature et qualité des travaux d'entretien
  - interventions ponctuelles
- Facteurs divers :
  - présence d'animaux
  - végétation
  - accidents, séismes, incendies, etc.

La dégradation, qui traduit le vieillissement de l'ouvrage, peut être mise en évidence par certains indices, tels que :

- Pour les parties en béton : fissures, éclatements, faïençage, corrosion des armatures, dégradation de joints, …
- Pour les revêtements étanches: défauts de surfaces, décollement, faïençage, fissures.
- Pour les structures métalliques, dégradation des revêtements, corrosion, flambage.

4.4. Dossier de surveillance des ouvrages

4.4.1. Dossier de surveillance

Pour chacun des ouvrages concernés par le plan de modernisation, un ***dossier de surveillance*** est constitué avec les éléments disponibles et sera tenu à jour tout au long de la vie de l'ouvrage. Le dossier de surveillance comprend les éléments suivants :

1. Une fiche descriptive, comportant :
   a. La localisation sur le site de l'ouvrage et sa description ;
   b. Les caractéristiques techniques de l'ouvrage ;

2. Un dossier technique, comprenant :
    a. Un dossier relatif à l'état présent, pouvant comprendre les plans, études, notes de calculs, photos, relevés divers, et autres éléments techniques reflétant la situation présente de l'ouvrage ;
    b. Un historique des situations antérieures et des interventions connues sur l'ouvrage ;
    c. Les études, audits, contrôles, fiches de visites diverses, pouvant concerner l'ouvrage.

4.4.2. Mise à jour du dossier de surveillance

Le dossier de surveillance (fiche descriptive et dossier technique) doit être tenu à jour tout au long de la vie de l'ouvrage.

Il doit également être complété avec :

- Les documents techniques établis postérieurement à l'état « 0 » (relevés, études, notes techniques, plans, …) ;
- Les résultats des audits et contrôles menés sur l'ouvrage ;
- Les fiches de surveillance et de contrôle renforcé établies à l'issue des visites prévues dans le cadre du plan de surveillance ;
- Toutes observations utiles.

4.5. Etat initial et programme de surveillance

4.5.1. Etat initial

L'établissement de « l'état initial » des ouvrages constitue le point de lancement du programme de surveillance.

Remarque en cas d'informations manquantes :

Les informations contenues dans les dossiers techniques tels qu'ils sont décrits dans les annexes 5 et 6, sont utiles pour une bonne compréhension de la conception des ouvrages, mais ne sont pas indispensables pour assurer la surveillance du vieillissement, qui consiste à repérer des indices révélateurs et à en suivre l'évolution.

Lorsque des travaux de réparation ou de confortement sont envisagés, ce manque d'information peut par contre rendre nécessaires des recherches ou études complémentaires.

4.5.2. Programme de surveillance

Pour chacun des ouvrages faisant partie du programme de surveillance, une fois l'état initial établi, la définition du Programme de surveillance nécessite :

- D'effectuer une visite de surveillance sur l'ouvrage, conformément au paragraphe 4.5.1 ;
- De classer l'ouvrage selon son état, conformément au paragraphe 4.4.3.

L'établissement du programme de surveillance consiste alors :

- Si l'ouvrage est classé 1 : en la détermination de la date de la prochaine visite de surveillance.
- Si l'ouvrage est classé 2, 3, ou 3P : en la détermination :
    - de la date prévue pour le retour des investigations complémentaires, ou bien, si les investigations complémentaires ne sont pas nécessaires, de la date de fin de mise en œuvre des opérations correctives ;
    - de la date de la prochaine visite de surveillance.

Le programme de surveillance pourra ensuite être complété, tout au long de la vie de l'ouvrage, selon la démarche décrite au chapitre 4.5.

4.6. Définitions spécifiques à la démarche de surveillance des cuvettes de rétention, des fondations de réservoirs associés et des structures de supportage des bacs à fond conique

4.6.1. Niveaux d'intervention sur les ouvrages

- ***Entretien courant***

L'entretien courant regroupe toutes les interventions régulièrement accomplies dans le cadre de la maintenance normale, préventive ou curative, de l'ouvrage, soit directement par le personnel du site, soit par des entreprises extérieures.

- ***Entretien spécialisé***

L'entretien spécialisé regroupe les interventions de réfection non prises en charges dans le cadre de l'entretien courant de l'ouvrage.

- ***Réparation***

La réparation concerne les désordres structurels : il s'agit de l'intervention nécessaire pour corriger ces désordres, ou, à défaut, pour les ramener à un niveau de gravité D1 (voir paragraphe 4.4.3).

4.6.2. Eléments d'ouvrages

La mise en œuvre de la démarche de surveillance sur un ouvrage peut imposer sa décomposition en éléments d'ouvrage homogènes en termes de fonction et de structure.

Par exemple, pour un ouvrage constitué par une cuvette de rétention et plusieurs réservoirs associés, les éléments d'ouvrage suivants peuvent être considérés :

- Chacune des fondations des réservoirs associés ;
- Le fond de cuvette, ou bien, s'il n'est pas traité de façon uniforme, chacune des parties homogènes du fond de cuvette ;
- Le ou chacun des dispositifs de drainage présents dans la cuvette ;
- La périphérie de la cuvette (merlon, mur en béton armé, palplanches, …), ou bien, si elle n'est pas traitée de façon uniforme, chacune des parties homogènes de cette périphérie.

4.6.3. Classes d'état des ouvrages

Les anomalies ou défauts constatés sur un ouvrage sont appelés « désordres ».

La classe d'état d'un ouvrage est représentative de l'état de l'ouvrage dans son ensemble. Elle est établie au vu des niveaux des désordres constatés sur l'ouvrage (voir tableau ci-après).

3 classes d'état sont définies :

- La classe 1 correspond aux ouvrages en état satisfaisant, qui ne nécessitent pas d'intervention autre que l'entretien courant.
- La classe 2 correspond aux ouvrages en état passable, qui présentent des désordres légers dont la correction ne relève pas de l'entretien courant, mais nécessite des opérations d'entretien spécialisé.

- Dans cette classe, la sous-classe 2E (« Evolutif ») correspond aux ouvrages pour lesquels des désordres ont été constatés, ne justifient pas d'opérations correctives à court ou moyen terme, mais pour lesquels on suspecte un risque évolutif. Ces ouvrages sont suivis dans le cadre d'un contrôle renforcé.

- La classe 3 correspond aux ouvrages dont la structure est dégradée et qui nécessitent des travaux de réparation.
  - Dans cette classe, la sous-classe 3P (« Prioritaire ») correspond aux ouvrages de classe 3 pour lesquels les travaux de réparation doivent être menés à une échéance prioritaire, parce que les désordres constatés sont de nature à compromettre l'intégrité, la capacité portante de l'ouvrage, ou la capacité de rétention de la cuvette.

Seuls les ouvrages présentant des défauts structurels ou pour lesquels les capacités de confinement sont en cause sont justifiables d'un classement 3 ou 3P.

Classe	Niveau de désordre	Etat apparent	Interventions	Echéance
CLASSE 1	**D1**	Bon état apparent	Aucune intervention, entretien courant	/
CLASSE 2E	**D2E**	Présence de désordres présentant un risque évolutif	Contrôle renforcé (visuel)	Selon plan d'action (sans dépasser 5 ans)
CLASSE 2	**D2**	Désordres mineurs avec nécessité d'entretien spécialisé	Suivi renforcé (type jauge de saugnac, fissuromètre)	5 ans maximum
CLASSE 3	**D3**	Structure dégradée, sans risque grave à brève échéance	Actions correctives	3 ans maximum
CLASSE 3P	**D3P**	Structure dégradée ou capacité de rétention menacée, avec actions correctives à mener en priorité	Mise en place mesures prioritaires Plan d'action actions correctives	6 mois maximum 3 ans

Les réparations peuvent avoir lieu avant l'échéance mentionnée dans le tableau ci-dessus.

4.7. Déroulement de la démarche de surveillance

4.7.1. Visites de surveillance

Les visites de surveillance ont pour but d'établir un constat des éventuels désordres sur l'ouvrage et de produire les informations nécessaires pour l'évaluation de l'état de l'ouvrage. Ces visites doivent être simples et objectives. Elles ne comportent pas d'analyse sur les causes des désordres constatés.

Elles doivent être menées dans un temps court sans mise en œuvre de moyen lourd. Elles ne comprennent qu'un examen visuel de l'ouvrage, et ne peuvent donc porter que sur les parties aériennes, accessibles à l'œil des visiteurs.

Elles sont effectuées par des personnes compétentes.

Elles font l'objet d'une évaluation de l'état et d'un enregistrement.

Ces visites de surveillance sont effectuées selon une périodicité de 5 ans sauf si l'étude de criticité indique la nécessité de visites plus rapprochées.

L'analyse a posteriori du compte-rendu de visite est effectuée au sein du service compétent et/ou par une personne compétente désignée (qui peut éventuellement faire appel à des compétences externes). Elle permet de confirmer le classement des désordres (cf. 9) des ouvrages et implique si nécessaire une planification des travaux dans un délai approprié aux désordres constatés et la criticité des bacs associés.

Investigations complémentaires

Point particulier : Contrôle des caractéristiques de perméabilité de la cuvette

Les cuvettes de rétention contenant en général des équipements de procédés (pompes, moteurs électriques, capteurs, bacs calorifugés, …), l'essai en eau « en grand » n'est généralement pas possible. Un contrôle simplifié pourra être mis en œuvre comme par exemple un remplissage partiel ne représentant pas de danger pour les équipements avec un contrôle du niveau sur une durée adaptée.

5. REVISIONS DU GUIDE

Révisions	date	Intitulé de la modification
0		Création
1		
2	10 avril 2014	Demande du ministère d'intégrer dans le champ d'application du guide les bacs à fond conique ➢ § 2.2 complément au périmètre général ➢ §3.1.1Réfentiel des bacs à fond conique ➢ § 3.2.1 cas particulier des bacs à fond conique ➢ §§3.4.6 accessoires ➢ 3.5.2.1 Modifications du tableau des probabilités avec les équipements sur pieds ou jupe ➢ §3.6.2 contrôle externe : éléments sur les fonds coniques ➢ §3.7.2 Contrôle des accessoires (cf fond conique) ➢ §3.8.2.4 ajout d'un § sur les corrosions des pieds de bac à fond conique ➢ §3.10.2.4 réparation des pieds de support des bacs à fond conique ➢ Modification de l'annexe 3 : adaptation pour les bacs à fond coniques ➢ Modification de l'annexe 9 sur les dégradations des bacs à fonc coniques
3	Aout 2015	➢ Création d'un § 5 révision du guide ➢ Mise à jour de la table des matières et création d'une version automatique ➢ §3.3.1 et §3.5 référence au guide Copacel ESP en vigueur ➢ §3.5.2 suppression à la référence de l'exemple annexe 1 qui n'existe pas ➢ §3.8.2.1 mise en adéquation des épaisseurs mini avec le code de référence ➢ § 4.4.3.2 suivi renforcé pour les désordres de niveau D2
4	Août 2016	➢ Modification § 2.1 ajout commentaire doubles enveloppes ➢ Modification §2.2 suppression de la précision complémentaire ➢ Ajout API 653 § 3.12 ➢ Ajout rotondité §3.3 ➢ Réécriture §3.4 ➢ Ajout §3.3.6 ➢ Précision dans §3.4.1 ➢ Suppression bac inertés dans § 3.4.4 ➢ Reprise du paragraphe, ajout tassement§3.5.3 ➢ Renvoi au § 3.5.3 dans 3.6.2 ➢ Ajout contrôles géométriques tableau §3.7.1 ➢ Reprise complète § 3.8.1 ➢ Ajout paragraphe 3.8.2.4 Corrosion pieds et jupes ➢ Ajout paragraphe 3.10.2.4 réparation pieds et jupes ➢ Ajout commentaire sur produit densité supérieure à 1.2 §3.10.4 ➢ Revue du §4 ➢ Revue du catalogue des désordres ➢ Annexe 10 Bacs en Inox
5	Décembre 2016	➢ Modification § 2. Périodicité contrôle doubles enveloppes ➢ Modification §3.2.2 précision bacs béton et composite ➢ Précision dans §3.3 et §3.3.3 ➢ Ajouts critères dans § 3.4.1 ➢ Précision dans §3.5 ➢ Modification §3.5.3 ➢ Précision dans §3.5.5 ➢ Précision dans §3.7.1 ➢ Suppression critères rotondité § 3.7.2 + précision dans § 3.8.2 ➢ Précision dans §3.10.4 ➢ Précision dans §4.6.3

Lexique des annexes

Annexe 1 : Critères complémentaires permettant de définir l'importance du risque environnemental – notion de zone de sensibilité environnementale

Annexe 2 : Gravité des conséquences humaines à l'extérieur des Installations

Annexe 3 : Exemple de fiche de routine

Annexe 4 : Engagements de la profession (courrier envoyé au MEDDE le 25/01/2013)

Annexe 5 : Exemple : contenu du dossier de surveillance pour une fondation de réservoir

Annexe 6 : Adaptation des contrôles aux défauts recherchés

Annexe 7 : Exemple de contenu du dossier de surveillance pour une cuvette de rétention

Annexe 8 : Exemple de fiche REX

Annexe 9 : Catalogue des désordres

Annexe 10 : Spécificités des bacs en acier Inox

ANNEXE 1

Critères complémentaires permettant de définir l'importance du risque environnemental – notion de zone de sensibilité environnementale

A - Méthodologie générale

L'échelle de gravité environnementale d'une perte de confinement liée au vieillissement des installations repose sur 3 types de critères :

- la nature du produit pouvant être relâché ;
- la quantité de produit pouvant être relâchée ;
- pour certaines catégories d'équipements (capacité, tuyauteries et indirectement les ponts de tuyauteries), l'existence de voies de transfert permettant d'atteindre des cibles à protéger telle qu'eaux souterraines ou eaux de surface et la probabilité d'atteindre ces cibles.

Les milieux pris en compte sont les eaux de surface et les eaux souterraines.

Le dernier critère est estimé en découpant le site en "zones de sensibilité environnementale". Cinq types de zones ont été définis avec des sous niveaux pour certains types.

Exemples :

- une zone de haute sensibilité environnementale correspondra à une probabilité quasi certaine d'atteindre une cible telle que les eaux de surface sans possibilité de contenir le produit ;
- une zone de très faible sensibilité environnementale correspondra à une probabilité quasi nulle d'atteindre une cible (exemple d'une zone en rétention réputée étanche).

Contrairement aux risques d'inflammabilité et/ou de toxicité aiguë, le risque environnemental peut être différé en temps et en lieu, ce qui permet, dans certains cas, une intervention de nature à en limiter les conséquences (présence d'une rétention, curage de sol pollué, ...).

B – Le découpage du site en zones

La démarche consiste à découper le site en zones, indépendamment des appareils qui sont implantées, puisque la zone ne traduit que les voies de transfert vers les cibles et la probabilité de les atteindre.

Les caractéristiques des différentes zones sont définies au chapitre C de la présente annexe.

Pour réaliser ce zonage il faut tenir compte :

- de l'hydrogéologie du site (en l'absence de toute information on considérera un sous-sol perméable avec une nappe vulnérable et exploitée ou susceptible d'être exploitée) ;
- de l'étanchéité de surface (rétention, dalle béton, voiries,..) ;
- des pentes et différents drainages existant sur le site, notamment drainages direct vers le milieu naturel (tels que réseaux eaux pluviales) ;
- des possibilités de détection et d'interception d'un éventuel épandage (via des unités de traitement d'eau, des moyens de détection, des moyens antipollution).

Ce découpage en zone sera utilement reporté sur un plan de masse du site.

C – Critères de caractérisation des différentes zones

Type de zone	Caractérisation	Exemples
0 a	Zone en rétention réputée étanche	Aire en rétention béton ou autre système d'étanchéité Zone drainée vers rétention ou une cuve enterrée
0 b	Zone réputée étanche collectée. Un écoulement ne peut pas rejoindre le milieu naturel (ni les eaux de surface, ni le sol) sans être intercepté	Zone étanchée drainée vers un traitement d'eau et/ou une station de contrôle capable de faire face à la perte de confinement Zone étanchée drainée vers un bassin de détournement (éventuellement grâce à des moyens de détection)
1 a	Zone perméable confinée (cible eaux souterraines uniquement) Un écoulement peut impacter le sous-sol mais la nappe ne peut pas être impactée (couche étanche) ou la nappe est confinée dans le site (étude hydrogéologique et surveillance de la nappe nécessaires)	Site disposant d'un confinement du sous-sol Site disposant d'une hydrogéologie favorable (pas de voie de transfert vers une nappe exploitée ou susceptible d'être exploitée à usage agricole ou alimentation eau potable ou vers des eaux de surface)
1 b	Zone étanche surveillée mais non collectée Un écoulement ne peut rejoindre le milieu naturel (sol essentiellement) que s'il n'est pas découvert à temps (sauf cas 1 a)	Zone étanche en légère rétention mais à risque de débordement vers une zone non étanche. Une surveillance par détection ou présence opérateur est toutefois assurée Typiquement pomperie sur dalle à supposer qu'elle ne soit pas collectée vers un traitement
1 c	Zone surveillée à perméabilité limitée (cible eaux souterraines uniquement) Un écoulement peut rejoindre le milieu naturel (sol essentiellement) s'il n'est pas découvert à temps (sauf cas 1 a)	Cuvette de rétention (non visée par zone 0) mais surveillée (détection ou présence opérateur, ...) Tuyauterie inter unités et off sites sur des zones non étanches (détection, surveillance opérateur, ...) Nota : pour décider du classement d'un lieu entre une zone 1 c et une zone 2, on tient compte des critères d'étanchéité développés dans l'arrêté du 3 octobre 2010 article 22.1.1
2 a	Zone perméable (cible eaux souterraines uniquement) La nappe peut être impactée	Tuyauterie inter unités et off sites sur des zones non étanches (détection, surveillance opérateur, ...) Nota : pour décider du classement d'un lieu entre une zone 1 c et une zone 2, on tient compte des critères d'étanchéité développés dans l'arrêté du 3 octobre 2010 article 22.1.1

2 b		Idem hors site (cas des petites canalisations (sauf cas 1a)
3	Zone drainée vers le milieu naturel (eaux de surface) avec possibilité d'interception. Ecoulement rapide vers des eaux de surface si rien n'est fait	Zone étanche drainée vers les eaux pluviales rejoignant directement le milieu naturel avec possibilité d'agir (couvre plaque d'égout, obturateurs). Typiquement des routes goudronnées S'il y a un système de détection automatique, cette zone est assimilable à une zone 1
4	Accès direct au milieu naturel (eaux de surface) – surface confinable Une perte de confinement rejoint immédiatement le milieu naturel sans possibilité d'interception mais la mise en place de barrages est aisée ou la surface d'eau est confinée ou partiellement confinée	Appontements Zone étanche ou peu perméab le drainée vers les eaux pluviales rejoignant directement le milieu naturel surveillance peu fréquente ou pas de possibilité d'agir Débouchant typiquement vers une darse portuaire, canal isolable par écluses
5	Accès direct au milieu naturel (eaux de surface) – surface non confinée Un écoulement rejoint immédiatement le milieu naturel sans possibilité d'interception et la mise en place de barrage est difficile	Appontements Zone étanche ou peu perméable drainée vers les eaux pluviales rejoignant directement le milieu naturel surveillance peu fréquente ou pas de possibilité d'agir Sea line Débouchant typiquement vers une rivière, un fleuve, un estuaire, la pleine mer

D – Affectation des équipements à une zone

Une fois le site découpé en différentes zones de sensibilité environnementale, les équipements sont affectés à une zone.

Cette affectation prend en compte au minimum la zone sur laquelle est implanté l'équipement.

Si, en cas de perte de confinement, l'écoulement prévisible (par exemple sous forme de jet) peut atteindre une zone de sensibilité environnementale plus élevée, l'équipement sera affecté à la zone de sensibilité environnementale la plus élevée qui peut être atteinte.

Lorsque le jet touche le sol, les écoulements au sol sont alors intégrés à la classification des zones.

A défaut de calcul plus détaillé les règles simples peuvent être prises

- Capacité à pression atmosphérique : portée possible égale à la moitié de la hauteur maximale de liquide en charge
- Capacité sous pression : convertir la pression en hauteur de liquide en charge équivalente

Des obstacles (murs par exemple) peuvent être pris en compte pour réduire la portée.

ANNEXE 2

Gravité des conséquences humaines à l'extérieur des Installations

Extrait de l'annexe III de l'arrêté ministériel du 29/09/05

NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux.	Plus de 10 personnes exposées (1).	Plus de 100 personnes exposées.	Plus de 1 000 personnes exposées.
Catastrophique.	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important.	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
Sérieux.	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré.	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».

(1) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

Dans le cas où les trois critères de l'échelle (effets létaux significatifs, premiers effets létaux et effets irréversibles pour la santé humaine) ne conduisent pas à la même classe de gravité, c'est la classe la plus grave qui est retenue.

ANNEXE 3

Exemple de fiche de routine (à adapter dans le cas des bacs à fond conique)

REPERE DU RESERVOIR :	**Localisation :**	**N° Fiche :**
Type de réservoir :		
Visité par :	Date :	Signature :
Validé par :	Date :	Signature :

VERIFICATION	**CONSTATATIONS/COMMENTAIRES**	**Plan d'action**	
		O	**N**
Assise			
Absence de signe de fuite entre l'assise et la tôle de fond			
Robe			
Pied de robe visible, dégagé de toute gêne à la vérification			
Absence de signes de fuites sur pied de robe			
Mises à la terre connectées			
Absence de fuites sur tôle de robe			
Absence de retenue d'eau sur poutre raidisseuse			
Absence de fuite au niveau des piquages et trous d'homme de la robe			
Absence de fuite sur tuyauteries et robinetterie au niveau des brides et autour des boulons			
Absence de fuite sur garniture ou bride des mélangeurs			
Tôles de calorifuge correctement fixée et liaison robe-toit étanche			
Moyens d'accès			
Absence de détérioration aux supports d'escaliers			
Absence de corrosion entre les supports de la passerelle et le toit			
Absence de corrosion/dégradation entre les supports de l'échelle à crinoline et la robe			
Toit			
Absence de déformation/retenue d'eau sur les tôles			
Tôles de calorifuge correctement fixées			
Bon état des grilles des évents de respiration			
Absence de colmatage des grilles des évents de respiration			
Bon fonctionnement de l'ouverture des couvercles d'évents de secours			

Autorisation de mise en service OUI / NON ou adaptation aux conditions de service

Date : Signature :

ANNEXE 4

Engagements de la profession
(courrier envoyé au MEDDE le 25/01/2013 + avis du MEDDE du 18/04/2013)

COPACEL

BACS DE STOCKAGE DES SITES DE PRODUCTION DE PATE CHIMIQUE

PLAN D'ACTION DE SUIVI DES BACS

Suite aux incidents survenus sur deux sites papetiers en 2011 et 2012, le MEDDE a demandé à COPACEL de réaliser un inventaire des bacs de stockage de liqueur et de définir un programme d'action pour assurer le suivi de ces bacs.

1. Mesures de contrôle des bacs mises en œuvre sur les sites papetiers

Les papetiers ont déjà mis en œuvre, depuis plusieurs années, des mesures de suivi des bacs. Les pratiques diffèrent d'un site à l'autre : certains sites ont déjà mis en place des procédures équivalentes à celles applicables aux stockages des produits toxiques (arrêté du 4 octobre 2010) alors que d'autres ne disposent pas de procédures aussi formalisées.
L'objectif du groupe de travail mis en place par COPACEL a été de définir un référentiel harmonisé de suivi des bacs de stockage pour les sites de production de pâte chimique.

2. Proposition d'un programme d'action

2.1. Visite de routine

La visite de routine a pour but de constater le bon état général du réservoir et de son environnement ainsi que les signes extérieurs liés à des dégradations éventuelles.

Elle est renouvelée chaque année et réalisée par des personnels qualifiés (au sens du chapitre 9 de la DT 94). Les écarts relevés font l'objet d'une analyse qui peut conduire à des investigations complémentaires si nécessaire.

L'annexe A (cf. annexe 3) donne un exemple de fiche de visite de routine.

Les sites papetiers s'engagent, pour tous les bacs dont la visite de routine date de plus d'un an, à réaliser cette visite d'ici le 30 avril 2013.

1.2. inspection externe en exploitation

Cette inspection permet de s'assurer de l'absence d'anomalie remettant en cause la date prévue du prochain contrôle. Elle comprend a minima :

- une revue des visites de routine ;
- une inspection visuelle externe approfondie des éléments constitutifs du réservoir et de ses accessoires ;
- une inspection visuelle de l'assise ;
- une inspection de la soudure entre la robe et le fond ;
- un contrôle de l'épaisseur de la robe, notamment près du fond ;
- une vérification des déformations géométriques éventuelles du réservoir (verticalité, robe présence de tassements,…) ;
- un contrôle des ancrages si le réservoir en est pourvu ;
- des investigations complémentaires concernant les défauts révélés par le contrôle visuel s'il y a lieu.

Elle est menée par des personnels qualifiés (au sens du chapitre 9 de la DT 94) et réalisée au moins tous les 5 ans.

Les méthodes utilisées et le niveau de contrôle seront déterminés sur la base des éléments décrits dans le chapitre 7 du guide DT 94 en tenant compte des contraintes d'exploitation et de sécurité et du fait que seul l'extérieur du réservoir est accessible.

Les sites papetiers s'engagent, pour tous les bacs dont la visite externe en exploitation date de plus de 5 ans, à réaliser cette visite d'ici le 31 décembre 2015. Un tiers des bacs sera examiné tous les ans entre 2013 et 2015.

1.3. inspection détaillée hors exploitation

Cette inspection, en plus des contrôles visuels et de l'inspection externe, permet par l'accès à l'intérieur du réservoir, un contrôle détaillé de son fond et des équipements inaccessibles lorsqu'il est en exploitation. Elle comprend a minima :

- l'ensemble des points prévus pour le contrôle externe en exploitation ;
- une inspection visuelle interne approfondie du réservoir et des accessoires internes ;
- des mesures visant à déterminer l'épaisseur restante par rapport à une épaisseur minimale de calcul ou à une épaisseur de retrait, conformément à la cinétique de corrosion. Ces mesures porteront a minima sur l'épaisseur du fond et de la première virole du réservoir et seront réalisées selon les méthodes adaptées ;
- le contrôle interne des soudures. Seront a minima vérifiées la soudure robe/fond et les soudures du fond situées à proximité immédiate de la robe ;
- des investigations complémentaires concernant les défauts révélés par l'inspection visuelle s'il y a lieu.

Les inspections hors exploitation sont réalisées au moins tous les dix ans sauf si les résultats de l'étude de criticité du réservoir permettent de reporter l'échéance. Ce report ne saurait excéder dix ans et ne pourra en aucun cas être renouvelé.

Les inspections sont réalisées par des personnels qualifiés (au sens du chapitre 9 de la DT 94). Les méthodes utilisées et le niveau de contrôle seront déterminés sur la base des éléments décrits dans le chapitre 7 du guide DT 94.

L'étude de criticité peut également conduire à fixer une période entre 2 inspections hors exploitation inférieure à 10 ans.

Les sites papetiers s'engagent, pour tous les bacs pour lesquels la visite interne hors exploitation date de plus de 10 ans, à réaliser cette visite d'ici le 31 décembre 2018.

2.4. Rédaction d'un guide de bonnes pratiques

La profession d'engage à réaliser un guide de bonnes pratiques relatives au contrôle et la maintenance des bacs de stockage et à la surveillance des cuves de rétention d'ici le 31 décembre 2013. Ce guide sera une version adaptée à la profession papetière des documents techniques DT 92 et DT 94 approuvés par le MEDDE.
L'état initial et le programme de surveillance des rétentions seront traités dans le guide de bonnes pratiques.
Les exploitants de sites de production de pâte chimique communiqueront à l'Administration un complément à leur étude de dangers visant à prendre en compte l'effet vague en cas de rupture accidentelle d'un bac de stockage.

3. Synthèse du programme d'action

Action	Fréquence du contrôle	Date limite de réalisation si dernier contrôle antérieur à 2013- fréquence du contrôle
Visite de routine	1 an	30 avril 2013
Inspection externe en exploitation	5 ans	1/3 des bacs - 31 décembre 2013 2/3 des bacs- 31 décembre 2014 ensemble des bacs- 31 décembre 2015
Inspection détaillée hors exploitation	10 ans	31 décembre 2018

Action	Date limite de réalisation
Rédaction d'un guide de bonnes pratiques	31 décembre 2013
Complément à l'étude de danger pour prendre en compte l'effet vague	30 juin 2014

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Direction Générale de la Prevention des Risques

Service des Ri ques Technologiques

Sous-direction des risques accidentels

Bureau des risques technologiques et des industries chimiques et pétrolières

Paris, le 18 AV . 201

Nos réf. : BRTICP/2013-130/FVE
Vos réf. :

Affaire suivie par :
F orian VEYSSILIER
T l : 01 40 81 89 89 - Fax : 1 40 81 90 39
f rian.veyssilier@developpement-durable.gouv fr

Objet : Av s sur le plan d'actions pour le suivi des bacs de liqueur noire

Monsieur

Par courrier en date du 25 janvier 2013 et faisant suite à la réunion du 19 décembre 2012 entre mes services, la COPACEL, et les exploitants de sites papetiers, vous m'avez fait parvenir :

- un inventaire des bacs de stockage de liqueur noire utilisée par l'industrie papetière en France ;
- une proposition de plan d'actions présentant les engagements de la profession pour le suivi de ces bacs.

Je vous remercie pour ces éléments. Après examen de ceux-ci, je vous confirme que nous validons le contenu et le calendrier du plan d'actions proposé.

Conformément à ce plan d'actions, j'ai bien noté que seront réalisés

- pour chacun des bacs concernés, une visite de routine annuelle, avec une première visite avant le 30 avril 2013 ;

Monsieur SANDRAZ
COPACEL
23-25 rue d'Aumale
75009 PARIS

- une inspection externe en exploitation tous les 5 ans, avec une première inspection de ce type avant le 31 décembre 2013 pour un tiers des bacs, avant le 31 décembre 2014 pour un autre tiers des bacs, et avant le 31 décembre 2015 pour les bacs restants ;

- une inspection interne détaillée hors exploitation tous les 10 ans, avec une première inspection de ce type avant le 31 décembre 2018 ;

- avant le 31 décembre 2013, un guide de bonnes pratiques reprenant les principes des guides professionnels DT 92 et DT 94 en les adaptant à la profession papetière ;

- pour chacun des sites de production de pâte chimique et avant le 30 juin 2014, un complément à l'étude de dangers visant à prendre en compte l'effet de vague en cas de rupture accidentelle d'un bac de stockage.

Dans le cadre de la mise en œuvre de ce plan d'actions, je vous invite à prioriser les inspections programmées de manière à examiner les bacs acier avant les bacs de type inox.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

La directrice générale de la prévention des risques

Patricia BLANC

ANNEXE 5

Exemple : contenu du dossier de surveillance pour une fondation de réservoir

A. Fiche descriptive

a. Localisation et description sommaire :

- Identification du réservoir
- Localisation sur le site, au moyen d'un plan ou schéma
- Date de construction de l'ouvrage
- Diamètre, hauteur et volume du réservoir
- Produit stocké
- Justification de la prise en compte de l'ouvrage dans le Plan de surveillance :
  - risque technologique
  - risque environnemental
- Catégorie de l'ouvrage (selon 3.2).

b. Caractéristiques techniques de l'ouvrage :

- S'il existe une superstructure porteuse, description sommaire de celle-ci
- Identification du type de fondation :
  - Assise simple en remblai compacté (sans renfort périphérique)
  - Assise en remblai compacté avec anneau périphérique en remblai de qualité différente (grave ciment, concassé, …)
  - Anneau périphérique en béton armé et remblai compacté à l'intérieur
  - Dalle en béton armé
  - Fondation sur pieux
  - Fondation sur inclusions rigides
  - Autre type de fondation, à décrire.
- Autres informations :
  - Présence de drains dans la fondation
  - Présence d'une membrane d'étanchéité
  - Autre

B. Dossier technique

a. Dossier « état présent » :

- Les plans de l'ouvrage, à jour, y compris les plans de détails et les schémas de construction, par exemple :
  - Vue en plan, coupes
  - Détail des ouvrages en béton
  - Nature des matériaux de remblai
  - Détail des systèmes d'étanchéité et/ou de détection de fuite
  - …
- Les études et notes de calcul de Génie Civil établies à l'origine :
  - Etudes géotechniques
  - Etudes béton armé
  - …
- Les études et notes de calcul de Génie Civil établies durant la vie de l'ouvrage.
- Photos.
- L'ensemble des relevés effectués lors d'études techniques, tels que :
  - mesures de tassements
  - levés topographiques
  - repérage de désordres, fissures, …
  -

b. L'historique des états et des interventions sur l'ouvrage :

- Historique des situations et conditions anciennes
- Détail des évènements survenus sur l'ouvrage
- Détail des réparations et autres travaux réalisés
- Audits et contrôles anciens
- L'ensemble des documents établis à l'issue des visites de surveillance ou de contrôle renforcé
- Observations diverses, …

ANNEXE 6

Adaptation des contrôles aux défauts recherchés

	Type de défauts recherchés - Degré d'efficacité des méthodes de contrôle						
Techniques de contrôle	**Perte d'épaisseur**	**Fissures débouchantes**	**Fissures non débou-chantes**	**Micro fissures Formation de lacunes**	**Modifications métallurgiques**	**Modifications dimensionnelles**	**Corrosion (piqures, cratères)**
Examen visuel	Possible à très bonne	Possible efficacité moyenne	NA	NA	NA	Possible à très bonne	Très bonne
Ultra-sons, ondes longitudinales	Possible à très bonne	NA	NA	Possible, efficacité moyenne	NA	NA	NA
Ultra-sons, ondes transversales	Possible	Moyenne à très bonne	Moyenne à très bonne	Possible à moyenne	NA	NA	NA
Magnétoscopie (pour matériaux ferromagnétiques)	NA	Moyenne à très bonne	Possible (2 à 3mm)	Possible	NA	NA	Moyenne
Ressuage	NA	Possible à très bonne	NA	NA	NA	NA	Moyenne
Emission acoustique	NA, la corrosion active est détectable	Possible à très bonne	Possible à très bonne	NA à possible	NA	NA	Très bonne, la corrosion active est détectable
Courants de Foucault	Moyenne à très bonne	Moyenne à très bonne	Moyenne à très bonne	NA à possible	NA	NA	Possible
Radiographie	Possible à très bonne	NA à possible	NA à possible	NA	NA	NA	Moyenne
Contrôle dimensionnel	Possible à très bonne	NA	NA	NA	NA	Moyenne à très bonne	NA
Métallographie / Répliques	NA	NA	NA	Possible à moyenne	Moyenne à très bonne	NA	Moyenne

LEGENDE DES ANNOTATIONS

- ⇨ **NA** : la méthode de contrôle n'est normalement pas adaptée à la recherche de ce type de défaut.
- ⇨ **Possible** : la méthode de contrôle peut être utilisée, mais sa fiabilité doit être vérifiée.
- ⇨ **Moyenne** : la méthode de contrôle peut être utilisée, sa sensibilité est moyenne, des défauts naissants peuvent ne pas être détectés.
- ⇨ **Très bonne** : la méthode de contrôle est la mieux adaptée à la détection du défaut recherché.

ANNEXE 7

Exemple : contenu du dossier de surveillance pour une cuvette de rétention

A. Fiche descriptive

a. <u>Localisation et description sommaire :</u>

- Localisation sur le site, au moyen d'un plan ou schéma
- Date de construction de l'ouvrage
- Justification de la prise en compte de l'ouvrage dans le Plan de surveillance :
  - risque technologique
  - risque environnemental
- Catégorie de l'ouvrage (selon 3.2).

b. <u>Caractéristiques techniques de l'ouvrage :</u>

- Caractéristiques spécifiques :
  - Volume de référence de la cuvette
  - Caractéristiques d'étanchéité verticale ou horizontale (le cas échéant)
  - Caractéristiques de tenue au feu, verticale et horizontale (le cas échéant)
  - Autres contraintes, à détailler.
- Description de la rétention périphérique :
  - Cuvette en décaissé
  - Merlon en remblai compacté
  - Mur béton
  - Terre armé
  - Palplanches
  - Autres, à décrire.
- Nature de l'étanchéité verticale
  - Béton
  - Matériau argileux
  - Membrane
  - Revêtement superficiel
  - Autre, à décrire.

- Nature de l'étanchéité horizontale :
    - Etanchéité par matériau argileux
    - Etanchéité par géomembrane
    - Etanchéité par matériau géosynthétique bentonitique
    - Béton armé
    - Béton armé + revêtement superficiel
    - Enrobé
    - Mortier de silice
    - Autre, à décrire.
- Réseaux d'évacuation des eaux de surface :
    - Drains
    - Puisards
    - Système de vidange

B. Dossier technique

a. <u>Dossier « état présent » :</u>

- Les plans de l'ouvrage, à jour, y compris les plans de détails et les schémas de construction, par exemple :
    - Vue en plan, coupes
    - Plans des réseaux de drainage
    - Détail des ouvrages en béton, des merlons, des compartimentages, …
    - Nature des matériaux de remblai
    - Détail des systèmes d'étanchéité et/ou de détection de fuite
    - Détail des systèmes de protection anti-feu
    - …
- Les études et notes de calcul établies à l'origine :
    - Etudes géotechniques
    - Etudes béton armé
    - Etudes de perméabilité
    - Etudes de protection anti-feu
    - …
- Les études et notes de calcul établies durant la vie de l'ouvrage.
- Photos ;

- L’ensemble des relevés effectués lors d’études techniques, tels que :
    - levés topographiques ;
    - mesure de perméabilité ;
    - relevés de désordres, …

b. <u>L’historique des états et interventions sur l’ouvrage :</u>

- Historique des situations et conditions anciennes
- Détail des évènements survenus sur l’ouvrage
- Détail des réparations et autres travaux réalisés
- Audits et contrôles anciens
- L’ensemble des documents établis à l’issue des visites de surveillance ou de contrôle renforcé
- Observations diverses, …

ANNEXE 8

Exemple de fiche REX

COPACEL Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses **FICHE DE RETOUR D'EXPERIENCE**		Validation en commission du :
Date de rédaction :	Société :	Auteur :
Titre :		
Date de l'évènement :	Atelier :	
☐ Incident / anomalie	☐ Audit / recommandation	☐ Technique nouvelle
Type d'équipement :	Chap. DM-T/P 32510 :	
Type de fluide :	Type d'audit :	
Type de matériau :		
Description : ⇨		
Conséquences : ⇨		
Causes analysées : ⇨		
Actions correctives : ⇨		
Leçons à tirer : ⇨		

ANNEXE 9

Catalogue des désordres

Important : ce catalogue ne fait pas partie de la reconnaissance du guide COPACEL.
Ce document peut en effet être amené à évoluer sans que la reconnaissance du présent guide ne soit remise en cause.

Préambule

Le chapitre 4 du guide COPACEL propose une démarche de suivi basée notamment sur des visites de surveillance effectuées par des agents de terrain, dans le but de relever et classifier les désordres rencontrés sur l'ouvrage.
Cette annexe propose une aide à l'agent en charge des visites de surveillance des cuvettes de rétention, fondations de réservoir et structures de supportage des bacs.

Il s'agit d'un inventaire des désordres susceptibles d'être constatés sur ces ouvrages. Pour chacun d'entre eux, des causes possibles sont avancées, et un classement par niveau (D1, D2, D3, D3P) est proposé, selon certains critères pouvant être appréciés in situ.

Il s'agit bien d'une proposition de classement : la gravité d'un désordre peut en effet varier selon la nature de l'ouvrage, selon les contraintes, selon qu'il s'accompagne ou non d'autres indices de vieillissement. L'agent en charge de la visite de surveillance n'est pas tenu de reprendre systématiquement la proposition de notation de ce catalogue. Il pourra noter sur la fiche de surveillance ses éventuels doutes quant à la gravité d'un désordre. Il appartiendra alors au service compétent du site visité ou au responsable désigné de lever le doute en s'appuyant :

- Soit sur une visite complémentaire effectuée par un agent ou technicien dont la compétence est appropriée pour l'analyse du désordre constaté,
- Soit directement sur des investigations complémentaires comme décrites dans le chapitre 4 de ce guide.

Le classement d'un désordre peut également dépendre du niveau de la maintenance courante assurée sur le site : un désordre peut relever du niveau D1 si la maintenance courante du site peut le traiter, et du niveau D2 dans le cas contraire.

Aucun désordre "à risque évolutif" (correspondant aux ouvrages classés 2E) n'est cité dans ce catalogue : en effet, seule une étude technique spécifique (investigations complémentaires) pourra valider une telle qualification, qui signifie que le désordre en question ne nécessite pas de travaux de reprise à court ou moyen terme, mais qu'il présente un risque d'évolution qu'il convient de surveiller.

Enfin, il convient de noter que ce catalogue des désordres a vocation à évoluer et à être enrichi en fonction des retours d'expériences.

CATALOGUE DES DESORDRES RELATIFS AU GENIE CIVIL

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
1	**Fondation de bac : radier béton, anneau en béton**			
1.01	**Déformation notable (affaissement, basculement, fracture)** Aucune déformation visible à l'œil n'est admissible.	**D3P**	**Causes possibles :** > tassement sous la fondation ; > affouillement. *Précisez la localisation et l'étendue.*	
1.02	**Epaufrures, cassures localisées** Désordre de faible surface Désordre multiple ou étendu Désordre de plus de 5 cm de profondeur Armatures visibles	**D1** **D2** **D3** **D3**	**Causes possibles :** > Chocs lors de travaux ; > Défaut de mise en œuvre du béton; > Evolution d'un béton écaillé; *Précisez la localisation, la dimension*	 *Niveau D2*

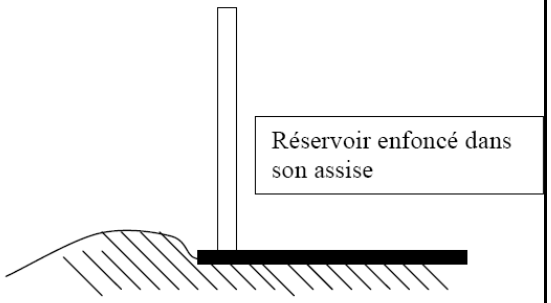
	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
1	Fondation de bac : radier béton, anneauen béton			
1.03	**Fissures isolées, sans déformation du profil** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm > 1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** > Tassement différentiel > Contrainte excessive > Retrait > Efforts de flexion *Précisez sur la fiche :* *> Localisation;* *> Ouverture;* *> Longueur.*	 *Niveau D3*
1.04	**Fissures multiples** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm > 1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** > Tassement différentiel > Contrainte excessive > Retrait > Efforts de flexion *Précisez sur la fiche :* *> Localisation;* *> Ouverture;* *> Longueur.* *Des témoins peuvent également être disposés aux extrémités des fissures (plâtre, repère couleur,…)*	 *Niveau D2*

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
1	Fondation de bac : radier béton, anneauen béton			
1.05	**Armatures apparentes sans éclatement béton** Désordre localisé Désordre étendu	 **D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise mise en œuvre du béton (recouvrement des armatures insuffisant, mauvais calage, défaut de vibration *Indiquez sur le schéma la zone concernée*	 *Niveau D1*
1.06	**Ecaillage** Désordre localisé Désordre évoluant*	 **D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement Cycle gel/Dégel *Précisez sur la fiche le nombre de zones d'écaillage, leur localisation, leur surface approximative*	
1.07	**Faïençage** Désordre stabilisé Désordre évoluant*	 **D1** **D2**	**Causes possibles :** Dessiccation trop rapide du béton (défaut de cure à l'exécution) Première manifestation d'une alcali-réaction	

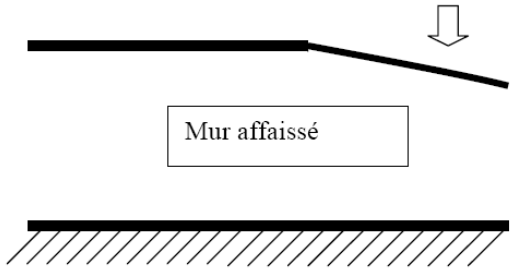
** : Le caractère « évoluant » ne peut pas être établi lors de la visite de surveillance. Il se juge*
Après investigations complémentaires ou après contrôle renforcé (suivi des témoins)
Comparativement aux fiches de suivis antérieures

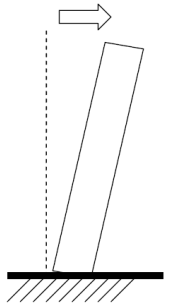
	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
1	Fondation de bac : radier béton, anneauen béton			
1.08	**Désagrégation du béton** (destruction du béton en profondeur)	**D2 ou D3**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement Cycle gel/Dégel *Précisez sur la fiche le nombre de zones désagrégées, leur localisation, leur surface approximative*	 *Niveau D2*
1.09	**Eclatement du parement sans mise à jour des armatures** Désordre de faible surface Désordre étendu ou multiple	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Poussée due à l'oxydation des armatures Enrobage insuffisant Dégradation liée à la carbonatation du béton. Manifestation d'alcali réaction *Précisez la localisation et l'étendue.*	
1.10	**Béton éclaté avec armatures visibles** Armatures apparentes peu altérées Réduction importante des sections des armatures apparentes, ou rupture de certaines d'entre elles	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Evolution de désordres de type 1.09 *Précisez la localisation et l'étendue.*	 *Niveau D3*

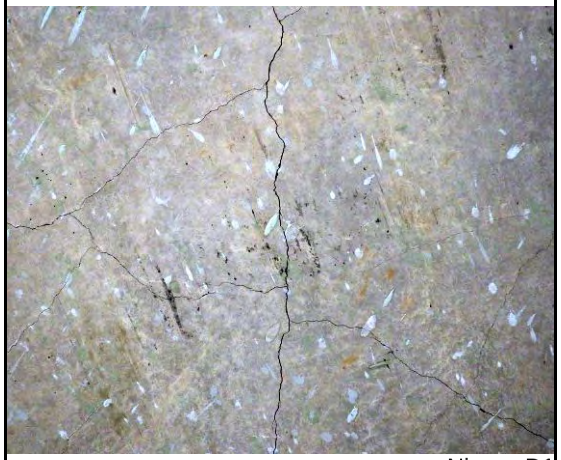
	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
1	Fondation de bac : radier béton, anneauen béton			
1.11	**Nids de cailloux**	**D1**	**Causes possibles :** Défaut de mise en œuvre du béton *Préciser sur la fiche le nombre de zones concernées, leur localisation, leur surface approximative.*	
1.12	**Boulons d'ancrage dégradés (corrodés, arrachés, déformés, béton d'ancrage éclaté)** Désordre isolé Plusieurs boulons concernés	 **D2** **D3**	 *Préciser sur la fiche le nombre de zones concernées, leur localisation, leur surface approximative.*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
2	**Assise de réservoir**			
2.01	**Tassement général** (Se manifeste par un enfoncement général et régulier du réservoir dans son assise.) La tôle de rive reste au-dessus de la banquette Tôle de rive enfoncée dans la banquette (peut être recouverte d'eau)		**Causes possibles** Dégradation du sol (conditions géotechniques) Défaut de conception ou de construction Variation du niveau de la nappe phréatique	 *Niveau D2*
	Les risques pour les équipements (réservoirs, tuyauteries) doivent être évalués par les services compétents			
2.02	**Tassement ponctuel de l'assise (Enfoncement localisé à proximité immédiate du réservoir)**.	**D3**	**Causes possibles :** Dégradation du sol (conditions géotechniques) Défaut de conception ou de construction Dégradation due à des mouvements d'eau *Repérer sur le schéma de l'ouvrage la position et l'étendue de la zone de tassement*	
2.03	**Ravinement de la banquette** Eloigné du réservoir S'approche à moins de 50 cm du réservoir	**D2** **D3**	**Causes possibles :** Dégradation de l'étanchéité de surface Mouvements d'eau Erosion. *Précisez la localisation, la dimension.*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
2	**Assise de réservoir**			
2.04	**Evidence de désordres sur drains de détection de fuite** Drains détériorés Système de prévention d'entrée d'eau sous le réservoir inopérant Rejets liquides	**D1** **D2** **D3P**	*Précisez la localisation et la nature des désordres*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.01	**Déformation verticale (affaissement)** Stabilisé *, sans fissure > 0,2 mm Stabilisé *, avec fissures > 0,2 mm Non stabilisé * Fissures > 1 mm	**D1** **D2** **D3ou 3P** **D3ou 3P**	**Causes possibles :** Défaut de conception Tassement sous la fondation Excès de charge verticale Affouillement *Préciser sur le schéma de l'ouvrage la localisation de la déformation.*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.02	**Défaut de verticalité, inclinaison** Stabilisé *, sans fissure > 0,2 mm Stabilisé *, avec fissures > 0,2 mm Non stabilisé * Fissures > 1 mm	**D1** **D2** **D3ou 3P** **D3ou 3P**	**Causes possibles :** Défaut de conception Excès de charge arrière (soutènement) *Préciser sur le schéma de l'ouvrage la localisation de la déformation.*	
3.03	**Fracture : rupture franche entre deux éléments en béton**	**D3ou 3P**	Manifestation d'une discontinuité mécanique *Précisez : la localisation, l'ouverture, le décalage constaté.*	
3.04	**Epaufrures, cassures localisées** Désordre de faible surface Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Chocs Défaut de mise en œuvre du béton Evolution d'un béton écaillé *Précisez la localisation, la dimension.*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.05	**Fissures isolées** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm >1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** Tassement différentiel Contrainte excessive Retrait différentiel Efforts de flexion Reprise de bétonnage Poussée hydrostatique *Précisez sur la fiche :* *Localisation ;* *S'il s'agit de fissures verticales ou horizontales ;* *Indiquer l ' ouverture, la longueur..*	 Niveau D2
3.06	**Fissures multiples** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm >1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** Tassement différentiel Contrainte excessive Efforts de flexion Insuffisance de l'enrobage Poussée hydrostatique *Précisez sur la fiche :* *Localisation et surface concernée* *S'il s'agit de fissures verticales ou horizontales ;* *Indiquer l ' ouverture, la longueur..*	 Niveau D1

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.07	**Armatures apparentes sans éclatement du béton** Désordre localisé Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise mise en oeuvre du béton (recouvrement des armatures insuffisant, mauvais calage, défaut de vibration, ...) *Indiquez sur le schéma la zone concernée..*	 Niveau D1
3.08	**Ecaillage** (décollement du mortier de peau, laissant apparaître les agrégats) Désordre localisé Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement; Cycles gel/dégel *Préciser sur la fiche le nombre de zones d'écaillage, leur localisation, leur surface approximative.*	 Niveau D1

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.08	**Faïençage** Désordre stabilisé Désordre évoluant *	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Dessication trop rapide du béton (défaut de cure à l'exécution) Première manifestation d'une alcali-réaction .	
	** : Le caractère « évoluant » ne peut pas être établi lors de la visite de surveillance. Il se juge :* • *Après investigations complémentaires ou après contrôole renforcé* • *Comparativement aux fiches de suivies*			
3.10	**Désagrégation du béton** (destruction du béton en profondeur)	**D2 ou** **D3**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement Cycle gel/Dégel *Précisez sur la fiche le nombre de zones désagrégées, leur localisation, leur surface approximative*	 *Niveau D2*

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.11	**Eclatement du parement sans mise à jour des armatures** Désordre de faible surface Désordre étendu ou multiple	 **D1** **D2**	**Causes possibles :** Poussée due à l'oxydation des armatures Enrobage insuffisant Dégradation liée à la carbonatation du béton. Manifestation d'alcali réaction *Précisez la localisation et l'étendue*	
3.12	**Béton éclaté avec armatures visibles** Armatures apparentes peu altérées Réduction importante des sections des armatures apparentes, ou rupture de certaines d'entre elles	 **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** Evolution de désordres 1. *Précisez la localisation et l'étendue*	 *Niveau D3*
3.13	**Nids de cailloux**	**D1**	**Causes possibles :** Défaut de mise en œuvre du béton *Préciser sur la fiche le nombre de zones concernées, leur localisation, leur surface approximative.*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
3	**Béton - Murs, murets, fondations diverses en cuvette**			
3.14	**Joint dégradé** (joint écrasé, sorti de son emplacement, défaut de garniture...) le joint reste fermé, l'étanchéité de la cuvette n'est pas menacée L'étanchéité de la cuvette est menacée	 **D2** **D3**	 *Précisez la localisation*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
4	**Dallages à fonction d'étanchéité**			
4.01	**Déformation verticale (affaissement)** Stabilisé *, sans fissure > 0,2 mm Stabilisé *, avec fissures > 0,2 mm Non stabilisé * Fissures > 1 mm	**D1** **D2** **D3ou 3P** **D3**	**Causes possibles :** Défaut de conception Tassement du support *Préciser sur le schéma de l'ouvrage la localisation de la déformation.*	
4.02	**Fracture : rupture franche entre deux éléments en béton**	**D3ou 3P**	*Précisez : la localisation, l'ouverture, le décalage constaté.*	
4.03	**Epaufrures, cassures localisées** Désordre de faible surface Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Chocs Défaut de mise en œuvre du béton Evolution d'un béton écaillé *Précisez la localisation, la dimension.*	
	**Le caractère « stabilisé » se juge après investigations complémentaires, après contrôle renforcé (témoins), ou comparativement aux fiches de suivies antérieures*			

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
4	**Dallages à fonction d'étanchéité**			
4.04	**Fissures isolées** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm >1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** Tassement différentiel Contrainte excessive Retrait différentiel Efforts de flexion Reprise de bétonnage Poussée hydrostatique *Précisez sur la fiche :* *Localisation ;* *S'il s'agit de fissures verticales ou horizontales ;* *Indiquer l ' ouverture, la longueur..*	 Niveau D2
4.05	**Fissures multiples** < 0,2 mm entre 0,2 mm et 1 mm >1 mm	**D1** **D2** **D3 ou D3P**	**Causes possibles :** Tassement différentiel Contrainte excessive Efforts de flexion Insuffisance de l'enrobage Poussée hydrostatique *Précisez sur la fiche :* *Localisation et surface concernée* *S'il s'agit de fissures verticales ou horizontales ;* *Indiquer l ' ouverture, la longueur..*	 Niveau D1

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
4	**Dallages à fonction d'étanchéité**			
4.06	**Armatures apparentes sans éclatement du béton** Désordre localisé Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise mise en oeuvre du béton (recouvrement des armatures insuffisant, mauvais calage, défaut de vibration, ...) *Indiquez sur le schéma la zone concernée..*	
4.07	**Ecaillage** (décollement du mortier de peau, laissant apparaître les agrégats) Désordre localisé Désordre étendu	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement; Cycles gel/dégel *Préciser sur la fiche le nombre de zones d'écaillage, leur localisation, leur surface approximative.*	
4.08	**Faïençage** Désordre stabilisé Désordre évoluant *	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Dessiccation trop rapide du béton (défaut de cure à l'exécution) Première manifestation d'une alcali-réaction .	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
4	**Dallages à fonction d'étanchéité**			
4.09	**Désagrégation du béton** (destruction du béton en profondeur)	**D2 ou D3**	**Causes possibles :** Mauvaise qualité du béton Agressivité de l'environnement Cycle gel/Dégel *Précisez sur la fiche le nombre de zones désagrégées, leur localisation, leur surface approximative*	 *Niveau D2*
4.10	**Eclatement du parement sans mise à jour des armatures** Désordre de faible surface Désordre étendu ou multiple	**D1** **D2**	**Causes possibles :** Poussée due à l'oxydation des armatures Enrobage insuffisant Dégradation liée à la carbonatation du béton. Manifestation d'alcali réaction *Précisez la localisation et l'étendue*	
4.11	**Béton éclaté avec armatures visibles** Armatures apparentes peu altérées Réduction importante des sections des armatures apparentes, ou rupture de certaines d'entre elles	**D2** **D3**	**Causes possibles :** Evolution de désordres 4.10 *Précisez la localisation et l'étendue*	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
4	**Dallages à fonction d'étanchéité**			
4.12	**Nids de cailloux**	**D1**	**Causes possibles :** Défaut de mise en œuvre du béton ***Peut remettre en cause l'étanchéité du dallage*** *Préciser sur la fiche le nombre de zones concernées, leur localisation, leur surface approximative.*	
4.13	**Joint dégradé** (garniture dégradée, végétation, ...) Petit défaut de garniture Défaut important, présence de végétation	 **D2** **D3**	 *Précisez la localisation*	
4.14	**Encombrement anormal de la cuvette**	**D1 ou D2**		

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
7	**Dispositifs de vidange de cuvettes**			

Dans le domaine papetier les rétentions sont en béton avec soit vanne manuelle ou pompe de vidange

7.01	**Mauvais état vanne de vidange** (Corrosion, détérioration, …)	**D2**	*Il n'est pas demandé de vérifier le bon fonctionnement des vannes lors des visites de surveillance. Cette vérification est faite dans le cadre des opérations de vidange des cuvettes*	
7.02	**Regards bouchés**	**D3**	**Causes possibles :** Débris	
7.03	**Pompes de vidange** **Pas d'évacuation**	**D3**	**Causes possibles :** Problème mécanique pompe Pb sur détection niveau	

	Descriptions	Niveaux	Commentaires	Schémas
8	**Revêtements d'étanchéité**			
8.01	**Petits défauts de surface** Farinage, faïençage Fissures < 0,5 mm, craquellement	 **D1** **D2**	 *Repérez sur le schéma de l'ouvrage la position et l'étendue des zones dégradées*	
8.02	**Décollement, arrachage, absence ponctuelle** Faible surface Etendu	 **D2** **D3**	 *Repérez sur le schéma de l'ouvrage la position et l'étendue des zones dégradées*	

Catalogue des désordres relatifs aux structures acier (jupes, charpentes, pieds supports)

	Descriptions	Niveau	Illustrations
1	**Corrosion des éléments de structure**		
1.01	**Corrosion superficielle** Au grattage, l'acier apparat sain, il n'y a pas de perte de matière	**D1**	

	Descriptions	Niveau	Illustrations
1	**Corrosion des éléments de structure**		
1.02	**Corrosion faible** = sans perte significative de matière (corrosion non foisonnante, non feuillante), pas de déformation des éléments. Sur l'élément le plus touché, approximativement : Affecte moins de 25% de la surface de l'une des faces visibles Affecte plus de 25% de la surface de l'une des faces visibles *Ce critère de 25% est proposé pour aider l'agent non expert à apprécier le niveau de gravité*	 **D1** **D2**	 *Niveau D2*
1.03	**Corrosion significative** Sur l'élément le plus corrodé, approximativement : Affecte moins de 25% de la surface de l'une des faces visibles Affecte plus de 25% de la surface de l'une des faces visibles Point singulier corrosion significative	 **D2** **D3** **D3P**	 *Niveau D3*

	Descriptions	Niveau	Illustrations
1	**Corrosion des éléments de structure**		
1.04	**Corrosion foisonnante ou feuillante** *Corrosion foisonnante* : pénétrante et extensive *Corrosion feuillante* : feuilletage en profondeur, déformation des éléments pas gonflement En général En cas d'importante perte de matière	 **D3** **D3P**	 *Niveau D3*
1.04	**Corrosion perforante** Perte sévère de matière, stabilité menacée, intervention rapide nécessaire	 **D3P**	 *Niveau D3P*

	Descriptions	Niveau	Illustrations
2	**Corrosion des attaches**		
2.01	**Corrosion faible** = sans perte significative de matière (corrosion non foisonnante, non feuillante), pas de déformation des éléments. Sur l'attache visuellement la plus dégradée : • Si l'attache (sur une face) comporte au moins 3 boulons • Dans le cas contraire	**D1** **D2**	 *Niveau D1*
2.02	**Corrosion foisonnante ou feuillante** En général En cas d'importante perte de matière	**D3** **D3P**	 *Niveau D3P*

	Descriptions	Niveau	Illustrations
2	**Corrosion des attaches**		
2.03	**Corrosion perforante** Stabilité menacée	**D3P**	 Boulons très corrodés Niveau D3P

	Descriptions	Niveau	Illustrations
3	**Déformation des éléments**		
3.01	**Flèche de poutre** Déformation perceptible Déformation forte	 **D2** **D3**	 *Niveau D2*
3.02	**Verticalité de poteau** Déformation perceptible Déformation forte	 **D2** **D3**	 *Niveau D3*

	Descriptions	Niveau	Illustrations
3	**Déformation des éléments**		
3.03	**Déformation locale** Choc avec déformation locale • légère • importante • flambement	**D1** **D2** **D3 à D3P**	 *Niveau D1*
3.04	**Déformation d'une attache** Faible déformation (légère flexion) Forte déformation Absence de boulon (s)	**D2** **D2** **D3 à D3P**	 Absence de boulons Niveau D3P (déformation insignifiante)

	Descriptions	Niveau	Illustrations
4	**Fondations**		
4.01	**Tassement ou rotation d'appuis** Déformation perceptible Déformation importante	 **D2** **D3 à D3P**	 *Niveau D2 (tassement)*
4.01	**Ancrages** Corrosion faible = sans perte significative de matière (corrosion non foisonnante, non feuillante), pas de déformation des éléments. Corrosion forte (foisonnante, feuillante) Absence de boulons d'ancrage (ou cassés/corrosion supérieure à 50%) Nota : Pour certains ouvrages, une surépaisseur de corrosion a été prévue. Le niveau du désordre doit être apprécié en conséquence.	 **D2** **D3** **D3P**	 *Niveau D3P (corrosion boulons d'ancrages)*

ANNEXE 10

Spécificités des bacs en Acier Inoxydable

Le processus décrit dans les paragraphes 2,3 et 4 du corps du guide pour définir et appliquer un plan d'inspection s'applique également aux réservoirs en acier inoxydable. L'objet de cette annexe est de mettre en évidence quelques particularités propres à l'inox qui sont :

- type de corrosion (voir paragraphe 2 de la présente annexe)
- adaptation éventuelles des méthodes d'inspection et de contrôle (voir paragraphe 5 de la présente annexe)

Les aciers inoxydables utilisés dans l'industrie papetière sont généralement les aciers austénitiques mais l'utilisation d'aciers inoxydables austéno-ferritiques (duplex) se développe. En effet ces aciers possèdent des propriétés intéressantes telles qu'une grande résistance mécanique permettant des réductions d'épaisseur, une résistance à la corrosion élevée liée à une teneur en chrome élevée et un coût modéré du fait d'une teneur en nickel faible

Le retour d'expérience de la profession (30 à 50 ans) ainsi que de la littérature permet de dire que les bacs en acier Inoxydables austénitiques et austréno-ferritiques sont très bien adaptés aux différents produits de la papeterie, qu'il s'agisse de bacs de pates ou de bacs de liqueurs, avec des taux de corrosion excessivement faibles dans les différentes parties des bacs (fond, virole et phase gazeuse) Ce retour d'expérience peut nous permettre d'allonger les périodicités des inspections hors exploitation et/ou si la corrosion uniforme n'est pas été retenue comme mécanisme de dégradation d'alléger le contrôle de l'épaisseur et s'appuyer principalement sur l'inspection visuelle.

1 - Réservoirs et composants

Les réservoirs en acier inoxydable sont des réservoirs à toit fixe (ou sans toit) utilisés pour le stockage des pâtes et des différentes liqueurs.

2 - Mécanismes de dégradation et défaillance

Les mécanismes de dégradation et de défaillance sont généralement identiques à ceux des réservoirs en acier au carbone. Cependant, des mécanismes particuliers de corrosion leur sont néanmoins spécifiques, bien qu'une des principales raisons d'utilisation des aciers inoxydables soit une assez bonne résistance à la corrosion, tant atmosphérique que générée par les fluides contenus.

La corrosion peut être éliminée ou très sensiblement minimisée par :

- un choix judicieux des matériaux mis en œuvre,
- l'optimisation et le suivi scrupuleux des modes opératoires de fabrication et maintenance,
- le suivi des conditions opératoires éventuelles (ex : teneur en eau, chlorures).

Les principaux types de corrosion rencontrés sont les suivants :

- Corrosion uniforme
- Corrosion par piqûres/crevasses
- Corrosion sous contrainte
- Corrosion inter granulaire
- Corrosion galvanique

- **Corrosion uniforme**

La corrosion uniforme de l'acier inoxydable est un phénomène qui peut se rencontrer dans le cas particulier de stockage d'acides forts.

- **Corrosion par piqûres/crevasses**

Ce type de corrosion localisée peut se produire en cas de concentration d'ions chlorures notamment renforcée par un pH bas. La résistance à ce type de corrosion dépend de la composition de l'acier.
En pratique, c'est surtout la corrosion caverneuse qui est rencontrée c'est-à-dire en présence simultanée de dépôts et de chlorures.

- **Corrosion sous contrainte**

  Corrosion résultant de la combinaison de contraintes et de la présence de produits corrosifs internes ou externes (ex : chlorures, calorifuge contenant des chlorures, atmosphère marine), notamment accentuée par la température.

- **Corrosion inter granulaire :**

  La corrosion inter granulaire est une forme de corrosion relativement rapide et localisée associée à une microstructure défectueuse due à la précipitation de carbures de chrome aux joints de grains. Ce type de corrosion peut être observé lorsque l'acier a été exposé à forte température, dans les zones affectées thermiquement des soudures par exemple.

En pratique, l'utilisation d'aciers à basse teneur en carbone permet d'éliminer ce type de corrosion.

- **Corrosion galvanique**

Ce type de corrosion peut se produire lorsque l'acier inoxydable est en liaison métallique (contact direct ou indirect) avec un métal très éloigné dans la série galvanique et qu'un électrolyte (ex : eau) est interposé entre les deux parties métalliques.

3 – Inspection basée sur la criticité

Le principe est le même que celui décrit dans le § 3.5 du guide en appliquant les mécanismes de dégradation retenus pour les différents composants du réservoir.

4 – Mise en œuvre du plan d'inspection

Le principe est le même que celui décrit dans le § 3.6 du guide en appliquant les mécanismes de dégradation retenus dans le plan d'inspection.

Si la corrosion uniforme n'a pas été retenue dans ces mécanismes de dégradation, le contrôle de l'épaisseur pourra être sensiblement allégé et s'appuiera essentiellement sur les constats visuels.

5 – Méthodes d'inspection et de contrôle

Le principe est le même que décrit dans le § 3.7 du guide.

Les tableaux sont adaptés en fonction des mécanismes de dégradation retenus dans le plan d'inspection. Par exemple, si la corrosion uniforme n'a pas été retenue dans ces mécanismes de dégradation, les contrôles d'épaisseur ne seront pas prévus, quel que soit le niveau d'inspection retenu (tableaux 3.7.1, 3.7.2, 3.7.3)

Les corrosions spécifiques aux aciers inoxydables et retenues dans le plan d'inspection seront recherchées et évaluées. Par exemple, la recherche de corrosion sous contrainte et de corrosion inter granulaire sera traitée dans les contrôles de soudure (tableaux 3.7.1, 3.7.2).

L'annexe 6 précise l'adéquation des techniques de contrôle aux mécanismes de dégradation.

COPACEL

Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses

23, rue d'Aumale - 75009 PARIS
Tél. : 01 53 89 24 00
Fax : 01 53 89 24 01
E-mail : contacts@copacel.fr
Site Internet : www.copacel.fr