

MINISTERE FEDERAL DE
L'EMPLOI ET DU TRAVAIL
ADMINISTRATION DE LA SECURITE DU TRAVAIL
INSPECTION TECHNIQUE
DIRECTION DES RISQUES CHIMIQUES

CHECK-LIST

référence: CRC/CL/007-F
version: 1.0
date: octobre 1998

CHECK-LIST FLUORURE D'HYDROGENE

Contenu

A. INTRODUCTION

| | |
|---|----------|
| 1. Sujet | 3 |
| 2. Champ d'application | 3 |
| 3. Références | 4 |
| 4. Propriétés du fluorure d'hydrogène anhydre et du fluorure d'hydrogène en solution aqueuse | 7 |
| 4.1 Propriétés physiques | 7 |
| 4.2 Toxicité | 7 |
| 4.3 Réactivité | 8 |
| 5. Mode d'emploi | 9 |

B. CHECK-LIST

| | |
|---|----|
| Station de déchargement pour camions et wagons-citernes | 10 |
| Installation de déchargement | 12 |
| Aménagement des aires de stockage en réservoirs stationnaires | 14 |
| Réservoirs stationnaires pour le stockage de fluorure d'hydrogène liquide | 16 |
| Stockage stationnaire dans des bâtiments fermés | 20 |
| Évaporateur / échangeur de chaleur | 21 |
| Tuyauteries | 23 |
| Installation de destruction | 25 |
| Intervention et plan d'urgence | 27 |
| Activités avec contact possible avec du fluorure d'hydrogène | 29 |
| Généralités | 31 |

Cette check-list a été rédigée par:

*Direction des risques chimiques
Ministère Fédéral de l'Emploi et du Travail
Rue Belliard 51 1040 Bruxelles*

*Rédaction finale: ir. Danny De Baere
Traduction française: ir. Isabelle Rase*

A. INTRODUCTION

1. Sujet

Ce document est basé sur une série de publications compétentes en la matière (cfr. 3.) et qui constituent des directives dans le domaine de la conception et de l'exploitation des stockages de fluorure d'hydrogène et de leurs dépendances. La check-list permet par conséquent de vérifier d'une manière systématique si les risques d'accidents majeurs propres à de telles installations sont effectivement bien identifiés et maîtrisés d'une manière satisfaisante, d'après les points de vue et les recommandations actuelles en la matière.

Cette check-list donne un aperçu des risques les plus importants et des mesures possibles pour limiter ces risques ou pour atteindre les objectifs de sécurité visés. Ces mesures de prévention ne sont pas décrites dans le moindre détail et n'ont nullement la prétention d'être complètes. Le choix final et l'implémentation concrète des mesures les plus appropriées doivent cependant pouvoir être justifié par l'exploitant concerné.

Ce document a initialement été élaboré afin de constituer un outil d'inspection interne pour la Direction des risques chimiques de l'Inspection technique. Dans le cadre de la politique de transparence du service, elle reste toutefois à la disposition des entreprises afin de leur permettre d'effectuer elles-mêmes une inspection et en tirer les conclusions appropriées pour améliorer leur système de gestion en matière de prévention des accidents majeurs.

2. Champ d'application

La check-list de ce document est d'application pour les activités ou installations suivantes :

- le déchargement de fluorure d'hydrogène en phase liquide à partir d'un transporteur vers un réservoir de stockage stationnaire;
- le stockage de fluorure d'hydrogène en réservoirs aériens stationnaires;
- les installations de destruction du fluorure d'hydrogène;
- les conduites et accessoires (pompes, vannes, ...) destinés au transport de fluorure d'hydrogène;
- intervention et situations d'urgence.

Il est recommandé d'aménager le stockage et les installations de transfert en plein air et non dans un bâtiment fermé car les quelques avantages du stockage en bâtiment fermé ne compensent pas les désavantages (cfr. 3. références [1], [2] et [20]). Toutefois un chapitre séparé est prévu pour le stockage de fluorure d'hydrogène en réservoirs aériens dans des bâtiments fermés afin de parer aux risques complémentaires.

3. Références

Cette check-list a été intégralement rédigée sur base des publications et recommandations suivantes:

- [1]. *Titre:* Recommendation on storage of anhydrous hydrofluoric acid and solutions of HF of more than 85% concentration
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 74/2 15^{ième} édition
- [2]. *Titre:* Recommendation of the filling and unloading stations for anhydrous HF
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 75/9 8^{ième} édition
- [3]. *Titre:* Recommendation on the design and operation of safety equipment for the absorption of gaseous effluents containing HF
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 78/22 6^{ième} édition
- [4]. *Titre:* General recommendation for safe handling of anhydrous hydrofluoric acid
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 87/59 6^{ième} édition
- [5]. *Titre:* General recommendation for anhydrous HF piping system located inside producers' or consumers' plants
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 89/66 3^{ième} édition
- [6]. *Titre:* A safety visit scheme at HF customers plant
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 92/85 2^{ième} édition
- [7]. *Titre:* General recommendation for safe handling of HF solutions
Rédigé par: Comité Technique Européen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 92/82 3^{ième} édition

- [8]. *Titre:* Recommendation on globe valve for use with anhydrous hydrofluoric acid and solutions of HF of more than 85% concentration
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 77/18 5^{ième} édition
- [9]. *Titre:* Stud bolts for liquid HF at ambient temperature
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 86/50 4^{ième} édition
- [10]. *Titre:* Pumps for use with liquid anhydrous HF
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 91/75 4^{ième} édition
- [11]. *Titre:* Relief valves for use with liquid or gaseous HF
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 84/45 4^{ième} édition
- [12]. *Titre:* Individual safety equipment
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 91/76 1^{ière} édition
- [13]. *Titre:* Recommendation concerning the use of PTFE flexible hoses for filling and unloading of anhydrous hydrofluoric acid
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 77/17 2^{ième} édition
- [14]. *Titre:* Recommendation on flexible steel pipes for the filling and unloading of anhydrous hydrofluoric acid
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 76/12 5^{ième} édition
- [15]. *Titre:* Recommendation on emergency plan for HF producing plants
Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
Edition: STS 79/27 7^{ième} édition
- [16]. *Titel:* Safe Operation of Hydrofluoric Acid Alkylation Units
Rédigé par: API Recommended practice 751
Edition: juin 1992 1^{ère} édition

- [17]. *Titre:* Tank Truck unloading guideline for 70% hydrofluoric acid solution (aqueous)
 Rédigé par: The Hydrogen Fluoride Industry Practices Institute, subsidiary of the Chemical Manufacturers Association (HFIPI-CMA)
 Edition: draft # 2, november 1997
- [18]. *Titre:* Inspection/Evaluation Guideline for Hydrogen Fluoride Storage and Transportation Vessels
 Rédigé par: The Hydrogen Fluoride Industry Practices Institute, subsidiary of the Chemical Manufacturers Association (HFIPI-CMA)
 Edition: draft # 8, november 1997
- [19]. *Titre:* Guideline for the Bulk Storage and Handling of 70% Aqueous Hydrofluoric Acid
 Rédigé par: The Hydrogen Fluoride Industry Practices Institute, subsidiary of the Chemical Manufacturers Association (HFIPI-CMA)
 Edition: draft # 10, augustus 1997
- [20]. *Titre:* Memorandum on confinement of anhydrous hydrofluoric acid storages
 Rédigé par: Comite Technique Europeen du Fluor; Working Group Storage, Transport, Safety (CTEF-STS)
 Edition: STS 93/91 1^{ière} édition

4. Propriétés du fluorure d'hydrogène

Cette partie fournit très brièvement quelques informations de base sur le fluorure d'hydrogène, pouvant être utiles pour la bonne compréhension et application de la check-list.

4.1. Propriétés physiques:

4.1.1 Fluorure d'hydrogène anhydre

- point d'ébullition à 1 bar: 19.5 °C
- densité relative à 20°C: 0,96 kg/litre
- densité relative par rapport à l'air: 2,5
- soluble dans l'eau en toute proportion

4.1.2 Fluorure d'hydrogène en solution aqueuse

- point d'ébullition à 1 bar: dépend de la concentration en HF
85% HF: 39.5 °C
60% HF: 84 °C
36% HF: 113 °C (maximum)
10% HF: 104 °C
- tension de vapeur à 20°C: dépend de la concentration en HF
85% HF: 380 mm Hg
60% HF: 80 mm Hg
36% HF: 3 mm Hg
10% HF: 0,3 mm Hg
- densité relative par rapport à l'air: 0,7
- densité à 26,7°C: dépend de la concentration en HF
85% HF: 1,17 kg/litre
73% HF: 1,24 kg/litre (maximum)
60% HF: 1,18 kg/litre
36% HF: 1,12 kg/litre
10% HF: 1,03 kg/litre

4.2. Toxicité:

| | |
|--|-----------------------------------|
| limite de l'odorat | 0.3 ppm |
| valeur limite | 3 ppm |
| irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires | 100 ppm (1 minute) |
| mortelle | 8000 ppm (exposition instantanée) |

Le fluorure d'hydrogène anhydre et l'HF en solution aqueuse de plus de 7% sont catalogués comme *très toxiques*. Des concentrations variant de 1% à 7% HF sont considérées comme *toxiques*.

L'exposition à de faibles concentration d'HF pendant une longue période peut conduire à l'accumulation de fluorures dans les os (fluorosis).

Après contact, des brûlures et des douleurs apparaissent seulement après quelques temps (comparable au phénol).

Traiter les intoxiqués avec du gel de gluconate de calcium.

4.3. Réactivité

- en présence d'humidité: très corrosif avec grande libération de chaleur
 - > ne jamais asperger d'eau une fuite de fluorure d'hydrogène, la corrosion agrandit l'ouverture de fuite
 - > forme un nuage brumeux blanc
- matériaux de construction: ⁽¹⁾
 - fluorure d'hydrogène anhydre: acier-C non-allié (pourvu d'un coating de fluorure de fer), acier Cr-Ni austénitique (jusqu'à 50 °C), monel (température ambiante)
 - solutions aqueuses de fluorure d'hydrogène
 - * jusqu'à 85%: comme pour le fluorure d'hydrogène anhydre
 - * moins de 85%: PTFE
 - * moins de 50%: PE, PP, PVC (tous à température ambiante), PFTE, polymères fluorés
 - un stress corrosion cracking et une fragilité à l'hydrogène peuvent survenir à haute température, avec certaines sortes d'acier et en solution aqueuse
 - la céramique, le verre (silicates) et le caoutchouc sont fortement corrodés
- réagit fortement avec les substances organiques

⁽¹⁾ Source: Item No 5420 Nace Publication 5A171: Materials for Receiving, Handling and Storing hydrofluoric acid

5. Mode d'emploi

La première colonne de la check-list énumère une série de risques à maîtriser (mentionnés par lettre "R") ou les objectifs à atteindre (mentionnés par la lettre "O").

La deuxième colonne permet d'indiquer si :

1. PDA: le risque /l'objectif n'est pas d'application,
2. OK: le risque /l'objectif est d'application et des mesures efficaces ont été prises,
3. NOK: le risque est d'application mais aucune mesure efficace n'a été prise.

La troisième colonne sert à l'appréciation des mesures:

- soit les mesures concordent avec celles reprises dans la troisième colonne;
- soit l'exploitant propose sa propre alternative garantissant au moins la même effectivité en ce qui concerne la sécurité.

Pour certains risques et objectifs, la check-list propose déjà des mesures alternatives. La notation utilisée est illustrée dans le tableau ci-dessous: une première alternative consiste à prévoir les mesures 1 et 2, une deuxième alternative est constituée par la mesure 3.

| | | | | |
|--------------------------------|--|----------|--|--|
| R (ou O): RISQUE (ou OBJECTIF) | | mesure 1 | | |
| | | mesure 2 | | |
| | | mesure 3 | | |

Dans la quatrième colonne, les mesures utilisées peuvent être cochées. La dernière colonne laisse de la place pour d'éventuels commentaires.

De plus, cette dernière colonne réfère au document de la liste de référence et au paragraphe concerné, où des informations plus détaillées peuvent être trouvées.

B. CHECK-LIST

STATION DE DECHARGEMENT POUR CAMIONS OU WAGONS - CITERNES

| RISQUES (R) – OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesure | commentaires et références |
|--|----------------|---|----------------------------|
| R: DEGATS DUS AU TRAFIC | | pas d'autre trafic avoisinant suffisamment éloignée du trafic extérieur accessible facilement par les véhicules à décharger ----- la station de déchargement est protégée contre les collisions de véhicules (rails de protection, limitation de vitesse) | |
| O: BONNE ACCESSIBILITE POUR L'INTERVENTION QUELQUE SOIT LA DIRECTION DU VENT | | l'espace autour de la station de déchargement y compris les vanes et la plate-forme de déchargement permet le passage du personnel d'intervention équipé de combinaison anti-gaz et de protection respiratoire autonome accessibilité via 2 directions différentes | |
| R: COLLISION DU WAGON PENDANT LE DECHARGEMENT | | isoler les voies à l'avant et à l'arrière du wagon (+ interlock pouvant arrêter le déchargement) aucune activité de triage sur la voie ferroviaire où le (dé)chargement a lieu (pendant celui-ci) des drapeaux ou des lampes signalent l'opération de transfert limitation de la vitesse des trains sur les voies contiguës (ordre de grandeur : 20 km/h) | |

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| R: MOUVEMENT DU VEHICULE PENDANT LE DECHARGEMENT | | immobilisation du véhicule (par ex., taquets, cales) verrouillant le déchargement | | |
| R: COLLISION DES CAMIONS EN ATTENTE DE DECHARGEMENT | | parking autorisé uniquement à un endroit de l'entreprise réservé à cet effet | | |
| R: COLLISION OU DEPART DES CAMIONS PENDANT LE DECHARGEMENT | | isolement de la place de parking (via barrière ou grillage) ----- liaison break-away | | |
| O: LIMITER LA QUANTITE LIBEREE DE FLUORURE D'HYDROGENE EN CAS DE FUITE LORS DU DECHARGEMENT | | détection de fluorure d'hydrogène avec signal d'alarme sonore et visuel sur place et dans le salle de contrôle, et arrêt du déchargement possibilité de diminuer la pression dans le transporteur par évacuation des vapeurs de fluorure d'hydrogène (vers destruction d'HF, utilisation, ...) | | |
| O: INTERVENTION ET EVACUATION PERPENDICULAIREMENT A LA DIRECTION DU VENT | | indication de la direction du vent (par ex. girouette) | | |
| R: FLAQUE DE FLUORURE D'HYDROGENE A LA STATION DE DECHARGEMENT | | évacuation des fuites de fluorure d'hydrogène vers la destruction (éventuellement tuyau d'eau à disposition préventivement) encuvement de la station de déchargement | | |
| R: ENTREE D'EAU DANS LE CIRCUIT DE FLUORURE D'HYDROGENE LORS DE LA (DE)CONNEXION DES LIAISONS | | protection contre la pluie (auvent) boucher les connexions | | |

INSTALLATIONS DE DECHARGEMENT

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|---|----------------|--|----------------------------|
| R: ATTAQUE DU RESEAU D'AIR COMPRIME ET/OU D'AZOTE PAR PENETRATION DE FLUORURE D'HYDROGENE | | empêcher le retour de HF dans le réseau | |
| R: CONTAMINATION OU HUMIDITE DANS LE SYSTEME DU FLUORURE D'HYDROGENE ANHYDRE VIA L'AZOTE OU L'AIR COMPRIME | | monitoring du point de rosée de l'azote ou de l'air comprimé (-40 °C) + alarme réseau séparé, exclusivement pour le système du fluorure d'hydrogène | |
| O: UTILISATION DE POMPES CONCUES POUR LE FLUORURE D'HYDROGENE | | attestation du fournisseur prouvant que la pompe a été fabriquée conformément aux recommandations du STS 91/75: 'Pumps for use with anhydrous HF' ou conçue pour les solutions aqueuses d'HF suivant l'application. pompes magnétiques | |
| O: LIMITATION DE LA LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE LORS DE FUITE AUX CONNEXIONS FLEXIBLES (BRAS DE CHARGEMENT, FLEXIBLES DE DECHARGEMENT,) | | vannes à fermeture rapide isolant la connexion (aussi près que possible du raccord avec l'installation fixe) vannes à fermeture rapide fermées lors d'un manque de fluide porteur (fail-safe) commandées par les boutons d'arrêt d'urgence situés sur les chemins de fuite (au moins 2) commandables à partir du panneau de commande des opérations de déchargement (la position ouverte/fermée est indiquée) | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| O: BON ETAT DES FLEXIBLES DE DECHARGEMENT | | <p>la date de mise en service est mentionnée</p> <p>sont conservés d'une manière sûre</p> <p>des fils d'acier protègent et renforcent le flexible contre la formation de cassures</p> <p>contrôle visuel de l'état des flexibles avant transfert</p> <p>procédure d'entretien périodique conforme aux exigences du fournisseur</p> | | |
| R: FUITES AU RACCORD | | <p>l'ordre de contrôler visuellement la connexion est repris dans l'instruction écrite de travail</p> <p>emploi de nouveaux joints à chaque connexion au camion ou au wagon</p> <p>l'ordre d'effectuer un test de fuite après la connexion des raccords et avant le début du transfert est repris dans l'instruction écrite de travail</p> | | |
| R: SURPRESSION DANS LE TRANSPORTEUR DUE A UNE PRESSION PARTIELLE ELEVEE D'AZOTE OU D'AIR COMPRIME | | l'ordre de dégazer est repris dans l'instruction écrite de travail | | |
| O: BON ECLAIRAGE | | <p>éclairage (de secours) efficace</p> <p>-----</p> <p>chargement et déchargement uniquement le jour</p> | | |

AMENAGEMENT DES AIRES DE STOCKAGE EN RESERVOIRS STATIONNAIRES

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|---|----------------|--|----------------------------|
| R: DEGATS DUS AU TRAFIC | | pas de trafic interne avoisinant suffisamment éloigné du trafic externe ----- l'aire de stockage est protégée contre les collisions de véhicules (rails de protection, limitation de vitesse) | |
| O: BONNE ACCESSIBILITE POUR L'INTERVENTION QUELQUE SOIT LA DIRECTION DU VENT | | accessibilité par 2 directions différentes l'espace autour du réservoir, y compris les vannes, permet le passage du personnel d'intervention équipé d'une combinaison anti-gaz et de protection respiratoire autonome | |
| R: FEU ET EXPLOSION | | aucune matière combustible ne peut être stockée autour des installations de stockage | |
| O: RECUEIL DU CONTENU DU RESERVOIR LORS D'UNE RUPTURE DU RESERVOIR OU DE FUITES AUX CONNEXIONS DU RESERVOIR | | capacité d'encuvement suffisante (capacité du plus gros réservoir) surface limitée afin de limiter l'évaporation envoi des fuites d'HF vers la destruction | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| R: REACTIONS INDESIREES DANS L'ENCUVEMENT | | pas d'autres substances dans l'encuvement l'encuvement est étanche et résistant au fluorure d'hydrogène | | |
| R: FLUORURE D'HYDROGENE DANS LE SYSTEME D'EGOUTS | | l'évacuation des eaux de pluie hors de l'encuvement s'effectue d'une manière contrôlée l'encuvement n'a pas de drains permanents | | |
| O: DETECTION DES FUITES | | présence de détecteurs d'HF (Sensidyne, Compur, Teledyne) à des endroits stratégiquement choisis la détection génère un signal d'avertissement sonore et visuel dans la salle de contrôle | | |
| O: EVACUATION EN SECURITE | | au moins 2 chemins de fuite | | |
| R: DISPERSION D'UN NUAGE DE FLUORURE D'HYDROGENE | | rideaux d'eau à l'aide d'un réseau de pulvérisation d'eau autour du réservoir (commandable à partir des chemins de fuite) ----- lances mobiles (queue de paon) | | |
| R: SABOTAGE | | surveillance (par ex. caméra vidéo) | | |
| O: BON ECLAIRAGE | | éclairage efficace | | |
| O: INTERVENTION ET EVACUATION PERPENDICULAIREMENT A LA DIRECTION DU VENT | | indication sur place de la direction du vent (par ex. manche à air) | | |

RESERVOIRS STATIONNAIRES POUR LE STOCKAGE DE FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|---|----------------|--|----------------------------|
| O: RESERVOIR CONCU POUR LE STOCKAGE DE FLUORURE D'HYDROGENE | | attestation du matériel et de la construction suivant un code de bonne pratique | |
| R: RUPTURE OU FUITES AUX VANNES EN PHASE LIQUIDE | | <p>pas de connexion sous le niveau liquide</p> <hr/> <p>2 vannes en séries sur les connexions sous le niveau liquide:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 vanne aussi près que possible de la vanne de fond - 2^{ieme} vanne activée manuellement - 1 vanne = vanne d'arrêt rapide (activée via les boutons d'arrêt d'urgence) <p>joints de type 'tongue and groove' (joint à languettes et rainures)</p> <p>pas de connexions filetées</p> <p>trous d'homme uniquement sur le dessus (en phase gazeuse)</p> | |
| R: FUITE/RUPTURE DES CONDUITES D'ARRIVEE DE FLUORURE D'HYDROGENE (DE LA STATION DE DECHARGEMENT AU RESERVOIR) | | protection anti-retour sur les lignes d'alimentation en fluorure d'hydrogène liquide de l'installation de déchargement | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| R: FUITE/RUPTURE DANS LES CONDUITES DE DECHARGE DU FLUORURE D'HYDROGENE | | <p>limiteur de débit ou clapet anti-retour interne</p> <p>sont aussi courtes que possible</p> <p>vanne d'arrêt activée par le bouton d'arrêt d'urgence</p> | | |
| R: SURPRESSION | | <p>Soupapes de sécurité régulièrement testées</p> <p>pression du gaz inerte du réservoir limitée à la pression maximale de travail du réservoir</p> | | |
| R: ATTAQUE DES SOUPAPES DE SECURITE PAR LE FLUORURE D'HYDROGENE | | <p>soupapes de sécurité protégées des deux côtés contre la corrosion par un disque de rupture</p> <p>-----</p> <p>soupapes de sécurité en matériau résistant au HF</p> | | |
| R: INDISPONIBILITE OU ELEVATION DE LA PRESSION D'OUVERTURE DES SOUPAPES DE SECURITE DUE AU DEVELOPPEMENT D'UNE CONTRE-PRESSION | | <p>alarme de pression entre la soupape de sécurité et le disque de rupture placé en amont</p> <p>liaison directe entre les soupapes de sécurité et les espaces à protéger (pas de vanne)</p> | | |
| R: LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE DANS L'ENVIRONNEMENT VIA LA SOUPE DE SECURITE | | <p>la soupape de sécurité décharge vers un réservoir de récupération vide ou vers la destruction</p> | | |
| R: REACTIONS INDESIREES DANS LES RESERVOIRS DE FLUORURE D'HYDROGENE | | <p>sécurité contre un retour provenant des unités de production</p> | | |
| O: LIMITER LA LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE EN CAS DE FUITE AU RESERVOIR | | <p>réservoir de réserve, de la capacité du plus gros réservoir, vers lequel l'HF du réservoir qui fuit peut être transféré.</p> | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| R: CAPACITE DE RECUEILLEMENT NON DISPONIBLE A CAUSE DU DEVELOPPEMENT D'UNE CONTRE - PRESSION | | possibilité de maintenir une basse pression (pendant le transfert) par décharge des vapeurs d'HF (vers la destruction, l'utilisateur, ...) équipé d'une alarme de pression à moins qu'il ne soit à la pression atmosphérique | | |
| R: SURPRESSION PAR DEPASSEMENT DU NIVEAU DE REMPLISSAGE | | la capacité de chaque réservoir individuel est supérieure à la capacité d'un transporteur indication du niveau de remplissage ou du poids en salle de contrôle vérification du poids du transporteur à décharger avec le niveau de remplissage ou l'espace libre du réservoir 2 mesures de niveau ou de poids indépendantes avec alarme et arrêt automatique du déchargement à un niveau de remplissage déterminé en fonction de la concentration de HF | | |
| R: LIBERATION MASSIVE DE FLUORURE D'HYDROGENE PAR RUPTURE SOUDAINNE D'UN HUBLOT OU D'UN INDICATEUR EN VERRE | | pas de hublot ou d'indicateur de niveau en verre | | |
| R: AFFAISSEMENT DU RESERVOIR | | fondations solides | | |
| R: SURPRESSION DUE A UN RECHAUFFEMENT PAR RAYONNEMENT SOLAIRE | | réservoir recouvert d'une couche de peinture réfléchissante | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| R: CORROSION EXTERNE GENERALISEE | | réservoir et connexions recouverts d'une peinture résistante à la corrosion | | |
| R: FORMES SPECIFIQUES DE CORROSION COMME FISSURES DUES A LA CONTRAINTE, FRAGILITE, FORMATION DE CLOQUES | | <p>contrôle de la composition du matériau en matière d'impuretés</p> <p>contrôle de la dureté (< 22 Rockwell)</p> <p>traitement (postérieur) des soudures</p> <p>inspection interne aux événements de respiration</p> <p>inspection interne à l'interface gaz-liquide (formes de baignoire autour du réservoir)</p> | | |
| R: CORROSION DANS UNE FISSURE (CORROSION EN CRIQUE) | | souder suivant un code de bonne pratique, entre les réservoirs et les points d'appui (en forme de selle) | | |

STOCKAGE STATIONNAIRE DANS DES BATIMENTS FERMES

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | | commentaires et références |
|---|-------------------|--|--|----------------------------|
| O: LIMITER LA QUANTITE LIBEREE DE FLUORURE D'HYDROGENE EN CAS D'EPANCHEMENT | | détection automatique de fluorure d'hydrogène avec signal d'alarme sonore et visuel en salle de contrôle des vannes à fermeture rapide isolent la fuite | | |
| O: INTERVENTION RAPIDE ET ADEQUATE | | présence en suffisance dans les environs de combinaisons anti-gaz étanches et résistantes au HF, et d'appareils respiratoires autonomes à air comprimé procédures spéciales d'accès dans le bâtiment fermé accès suffisant pour le personnel d'intervention équipé d'une combinaison complète anti-gaz avec air comprimé | | |

EVAPORATEUR / ECHANGEUR DE CHALEUR

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|--|----------------|--|----------------------------|
| R: FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE VERS L'UTILISATEUR DE FLUORURE D'HYDROGENE GAZEUX PAR CONDENSATION DANS LES CONDUITES | | alarme de température basse à la sortie de l'évaporateur en fonction de la longueur de la conduite et des températures extérieures | |
| R: FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE VERS L'UTILISATEUR DE FLUORURE D'HYDROGENE GAZEUX PAR ENTRAINEMENT DE FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE HORS DE L'EVAPORATEUR | | séparateurs de liquide avec détection liquide et alarme | |
| R: ATTAQUE DU MATERIAU | | matériau approprié pour l' HF et résistant aux températures les plus hautes et les plus basses | |
| R: ATTAQUE DU CIRCUIT D'ALIMENTATION DE CHALEUR PAR UNE FUITE/CONTAMINATION DE FLUORURE D'HYDROGENE | | détection d'HF dans le fluide caloporteur | |
| R: SURPRESSION | | alarme haute pression avec arrêt de l'apport de chaleur soupapes de sécurité régulièrement testées ----- intrinsèquement sûr | |
| R: : ATTAQUE DES SOUPAPES DE SECURITE PAR LE FLUORURE D'HYDROGENE | | soupapes de sécurité protégées des deux cotés contre la corrosion par des disques de rupture ----- soupapes de sécurité en matériau résistant au HF | |
| R: INDISPONIBILITE OU ELEVATION DE LA PRESSION D'OUVERTURE DES SOUPAPES DE SECURITE DUE AU DEVELOPPEMENT D'UNE CONTRE-PRESSION | | alarme de pression entre la soupape de sécurité et le disque de rupture placé en amont liaison directe entre la soupape de sécurité et l'espace à protéger (pas de vanne) | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| R: LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE VIA UNE SOUPAPE DE SURETE | | la soupape de sécurité décharge vers une capacité de recueillement vide ou vers la destruction | | |
| R: FUITE A L'ECHANGEUR DE CHALEUR | | tubes sans soudure | | |

TUYAUTERIES

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|---|----------------|--|----------------------------|
| O: TUYAUTERIES APPROPRIÉES POUR LE FLUORURE D'HYDROGENE | | tuyauteries construites et contrôlées suivant un code de bonne pratique (entre autres : contrôle des matériaux et des soudures, ...) tuyauteries conformes aux spécifications des tuyauteries pour le HF | |
| R: MAUVAISES MANIPULATIONS | | toutes les conduites sont étiquetées toutes les vannes sont identifiées de manière univoque (via code) la position des vannes est clairement indiquée | |
| R: SURPRESSION PAR EMPRISONNEMENT DE FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE | | disque de rupture + vase d'expansion + détection de liquide ----- soupape de sécurité reliée au réseau de décharge ----- tuyauteries résistantes à la surpression maximale | |
| R: CORROSION SOUS L'ISOLATION OU ATTAQUE DE L'ISOLATION | | isolation imperméable à la pluie et l'humidité de l'air inerte chimiquement par rapport au HF pour des températures < 0°C, les conduites sont isolées des supports à l'aide de matériaux spéciaux (par ex. monalite = silicate de calcium) | |
| R: FEU DU MATERIAU D'ISOLATION | | isolation en matériau incombustible | |
| R: COMPENSATION DES TENSIONS | | les appuis du réservoir et les conduites sont suffisamment flexibles que pour supporter les tensions thermiques et autres | |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| R: CORROSION DUE A LA CONTRAINTE ET LA FRAGILITE FACE A L'HYDROGENE | | les soupapes, les vannes, les brides et les boulons sont résistants à la corrosion due à la contrainte causée par l'hydrogène | | |
| O: VITESSES FAIBLES DU FLUORURE D'HYDROGENE DANS LES CONDUITES (sinon phénomène d'érosion / corrosion) | | pour le liquide: < 1m/s pour les gaz pouvant entraîner du liquide: < 4 m/s | | |
| R: RUPTURE DES CONDUITES DE GRAND DIAMETRE | | diamètre maximal des conduites: 200 mm | | |
| R: RUPTURE DE PETITS PIQUAGES SUR DES CONDUITES OU RUPTURE DE CONDUITES DE PETIT DIAMETRE | | tous les diamètres des conduites sont d'au moins 1 pouce largeur et longueur des gicleurs limitées de 2 à 6 pouces | | |
| R: JETS DE FLUORURE D'HYDROGENE PROVENANT DE PETITES FUITES AUX BRIDES | | protection des brides par du papier détecteur changeant de couleur | | |

INSTALLATION DE DESTRUCTION

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | | commentaires et références |
|---|----------------|---|--|----------------------------|
| O: TOUTES LES EMISSIONS DE FLUORURE D'HYDROGENE SONT RENDUES INOFFENSIVES | | tous les flux d'HF sont inventarisés et envoyés vers une destruction | | |
| R: ENTREE D'HUMIDITE PROVENANT DE L'INSTALLATION DE DESTRUCTION DANS LE RESEAU DE REJETS GAZEUX DESTINE AU FLUORURE D'HYDROGENE SEC | | un flux de purge constant empêche le retour d'air humide | | |
| R: FLUORURE D'HYDROGENE LIQUIDE DANS LES INSTALLATIONS DE DESTRUCTION DE FLUORURE D'HYDROGENE GAZEUX (risque de percée) | | conduites de dégazage protégées contre l'entrée d'HF liquide ("liquid trap" entre la protection de surpression et le traitement, avec détection de liquide) | | |
| R: LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE DUE A LA NON CIRCULATION DU FLUIDE D'ABSORPTION | | pompe de circulation en service permanent ou mise en service automatique lors de décharge de vapeurs d'HF vers l'installation de destruction présence d'une pompe de réserve ou plusieurs étages d'absorption en série dont 1 pompe peut tomber en panne lors de panne de courant, basculement automatique sur l'installation électrique de secours alarme sur la circulation du fluide d'absorption | | |
| R: DISPARITION DE LA DEPRESSION SUR LE RESEAU DE REJETS GAZEUX | | alarme sur la pression d'aspiration back-up des éjecteurs lors de panne de courant, basculement automatique sur l'installation électrique de secours | | |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| R: LIBERATION DE FLUORURE D'HYDROGENE DUE A UN EPUISEMENT DU FLUIDE D'ABSORPTION | | <p>contrôle de l'épuisement chimique du fluide d'absorption</p> <p>température du fluide d'absorption</p> <p>alarme de niveau bas sur les réservoirs ou sur le flux du fluide d'absorption</p> | | |
| O: PRENDRE A TEMPS LES MESURES NECESSAIRES LORS DE LA PERCEE DE FLUORURE D'HYDROGENE | | détection indiquant le percée d'HF (ordre de grandeur: 5 ppm) dans les gaz épurés | | |
| R: REACTIONS INDESIREES AVEC D'AUTRES EFFLUENTS | | <p>neutraliser les flux de rejets avec de la soude ou du calcaire (précipitation en CaF₂) jusqu'à un pH entre 6 et 9</p> <p>éviter les contacts avec des substances qui peuvent conduire à la formation de H₂S, HCN, CO₂ et Cl₂</p> | | |
| O: TRAITEMENT DES SOUS-PRODUITS (surtout dans les raffineries) | | inventaire des flux et traitement sur place | | |

INTERVENTION ET PLAN D'URGENCE

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|---|----------------|--|----------------------------|
| O: MATERIEL D'INTERVENTION ADEQUAT | | au moins 2 combinaisons étanches aux gaz et résistantes au HF avec des appareils respiratoires autonomes à air comprimé suspendus dans une armoire (et non pas pliés car risque de détérioration) combinaisons anti-gaz et appareils respiratoires à air comprimé régulièrement inspectés et entretenus (testés en matière d'étanchéité, toujours présence de bouteilles pleines d'air comprimé) matériel pour soigner les blessés (par ex. gluconate de calcium pour le traitement de la peau, solution salée d'isotone pour le rinçage des yeux) matériel pour localiser les fuites, les limiter et les colmater: *petite fuite: noyer avec de l'eau jusqu'à <2% *grosse fuite: endiguer, poudre absorbante, calcaire installation mobile pour la mise en place d'un nuage d'eau (contre la dispersion du nuage d'HF) | |
| O: EQUIPE D'INTERVENTION ENTRAINEE | | l'équipe d'intervention est entraînée à l'emploi des combinaisons anti-gaz et des masques autonomes à air comprimé | |
| O: PLAN D'URGENCE | | l'entreprise dispose d'un plan d'urgence adapté au 'HF' l'entreprise dispose d'une étude de risques quantitative dans laquelle l'impact d'un feu, d'une explosion et des fuites sont développés à l'aide de scénarios | |
| R: ECLABOUSSURES DANS LES YEUX ET SUR LA PEAU | | douche de secours et rince-œil protégés du gel (éventuellement chauffée) | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | <p>testé régulièrement avec une check-list</p> <p>alarme lors de l'utilisation</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>bains de neutralisation (bicarbonate de soude ou gluconate de calcium)</p> <p>bouteilles rince-œil</p> | | |
| O: POSSIBILITES D'EVACUATION ADAPTEES (également évacuation temporaire) | <p>indication de la direction d'évacuation</p> <p>local (salle de contrôle) en surpression et alarme sur l'arrivée d'air</p> <p>local équipé de masque à air comprimé autonome pour les opérateurs qui continuent à suivre le procédé et masques de fuite pour les personnes à évacuer</p> | | |
| R: SYMPTOMES TARDIFS D'INTOXICATION AU FLUORURE D'HYDROGENE | <p>listes de traitement qui précèdent le blessé et destinées aux hôpitaux et aux médecins</p> <p>réaction et reconnaissance rapide des symptômes d'intoxication au HF</p> | | |
| R: EXPOSITION CHRONIQUE AU FLUORURE D'HYDROGENE | <p>monitoring des travailleurs exposés</p> <p>examens médicaux périodiques (tous les 6 mois)</p> | | |

ACTIVITES AVEC CONTACT POSSIBLE AVEC DU FLUORURE D'HYDROGENE

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | commentaires et références |
|--|----------------|---|----------------------------|
| R: CONTACT LORS DE TRAVAUX D'ENTRETIEN | | utilisation d'un permis de travail (entre autre également permis d'entrée avec mesure de la concentration en oxygène) toutes les conduites peuvent être dégazées et rincées tous les composants sont identifiés et amenés à un endroit spécifique pour l'entretien sont (de préférence) en pente vers le stockage et le point de déchargement afin d'éviter l'accumulation aux points bas une vanne manuelle supplémentaire est prévue sur la conduite principale | |
| R: CONTACT LORS DU DECOUPLAGE DES CONNEXIONS FLEXIBLES (BRAS DE CHARGEMENT, FLEXIBLES DE DECHARGEMENT) | | possibilité de purger les conduites d'HF (à l'aide d'un chauffage externe à la vapeur, d'évaporation naturelle ou en soufflant avec un gaz inerte sec) conduites auto-drainantes l'ordre de purger avant de désaccoupler la liaison flexible et de blinder est repris dans l'instruction de travail | |

| | | | |
|---|--|---|------------|
| R: CONTACT LORS DE LA PRISE D'ECHANTILLON | | procédure de prise d'échantillon les points de prises d'échantillon sont étiquetés système fermé | |
| R: CONTACT LORS DE L'ENLEVEMENT DES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE | | laver, neutraliser ou éliminer l'HF avant d'enlever les EPI | |
| R: CONTACT LORS DE L'EMPLOI DE MATERIEL APPAREMENT INOFFENSIF (par ex. joints, brides usagés) | | emploi de gants appropriés | [18] - 4.2 |
| R: CONTACT DES PERSONNES LORS DE TRAVAUX COMMUNS | | pour chaque manipulation, le type d'EPI est défini en fonction de la quantité et de la probabilité d'exposition | [12] |

GENERALITES

| RISQUES (R)- OBJECTIFS (O) | pda / ok / nok | mesures | | commentaires et références |
|--|----------------|---|--|----------------------------|
| O: CONSULTER L'AVIS D'EXPERTS EN FLUORURE D'HYDROGENE | | un expert HF est consulté en matière de stockage et d'utilisation | | |
| O: QUALITE CONSTANTE DU FLUORURE D'HYDROGENE LIVRE | | des accords formels sont passés avec le fournisseur en matière de spécifications du HF livré | | |
| R: REACTION DES HUILES ORGANIQUES AVEC LE FLUORURE D'HYDROGENE | | les procédures d'entretien interdisent l'utilisation d'huiles lubrifiantes non adaptées utilisation de composants exempts d'huile (par ex. compresseur sans huile) | | |
| R: MAUVAIS ENTRETIEN ET INSPECTION | | présence d'un programme d'entretien préventif seul du personnel bien formé peut effectuer les inspections documenter les résultats d'inspection | | |
| R: IMPACT MECANIQUE LORS DE TRAVAUX A PROXIMITE DES RECIPIENTS DE FLUORURE D'HYDROGENE (réservoir, conduites, installations de destruction, ...) | | les réparations mettant en œuvre du matériel lourd (grue) sont soumises à des procédures strictes | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| O: BONNE MISE EN SERVICE DU RESERVOIR | | procédure de démarrage (suivi de la libération d'hydrogène à cause de la passivation du matériel, contrôle de la densité) | | [18] - 5.4 [19] - 7.3 |
| O: CONTROLE D'ACCES CONTROLE DANS L'UNITE | | annonce de toutes les personnes n'appartenant pas au personnel de production (entre autres le personnel d'entretien, les tiers, ...) dans la salle de contrôle avec inscription dans un registre | | |
| R: FISSURES DANS LES JOINTS ET BOULONS A CAUSE D'UN SERRAGE TROP FORT AFIN D'ARRETER UNE FUITE | | utilisation des équipements de travail appropriés (entre autres clé dynamométrique,...) ne pas resserrer les boulons corrodés | | [17] - 6.2 [18] - 4.2 [16] - 3.2.6 |
| R: EXPLOSION D'HYDROGENE (surtout lors de la mise en service des réservoirs et pour des réservoirs vides) | | permis de feu avec mesure de la concentration en hydrogène vannes d'évent éloignées des sources d'ignition (ou rejet contrôlé) | | [19] - 7.2 |
| O: INSTRUCTIONS ECRITES POUR TOUTES LES OPERATIONS AVEC DU FLUORURE D'HYDROGENE | | manuel d'instructions | | |
| O: BON HOUSEKEEPING | | tournée pour inspecter l'ordre et la propreté | | |
| R: NON FONCTIONNEMENT DE COMPOSANTS CRITIQUES | | définir et tester périodiquement les interlocks, les soupapes, les vannes automatiques à fermeture rapide, les rideaux d'eau,.... | | |