

Rapport d'enquête

Sur la fuite d'ammoniac au sein
du site industriel de la société
YARA France située à AMBES (33)
le 23 mars 2022

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI)

Titre du document : Rapport d'enquête technique la fuite d'ammoniac au sein de l'entreprise YARA France à Ambès (33)

N° : MTE-BEARI-2023-005

Date du rapport : 10 aout 2023

Proposition de mots-clés : fuite, ammoniac, raccord à frapper, usure, entretien

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Au titre de ce rapport on entend par :

- Cause de l'accident : toute action ou événement de nature technique ou organisationnelle, volontaire ou involontaire, active ou passive, ayant conduit à la survenance de l'accident. Elle peut être établie par les éléments collectés lors de l'enquête, ou supposée de manière indirecte. Dans ce cas le rapport d'enquête le précise explicitement.

- Facteur contributif : élément qui, sans être déterminant, a pu jouer un rôle dans la survenance ou dans l'aggravation de l'accident.

- Enseignement de sécurité : élément de retour d'expérience tiré de l'analyse de l'évènement. Il peut s'agir de pratiques à développer car de nature à éviter ou limiter les conséquences d'un accident, ou à éviter car pouvant favoriser la survenance de l'accident ou aggraver ses conséquences.

- Recommandation de sécurité : proposition d'amélioration de la sécurité formulée par le BEA-RI, sur la base des informations rassemblées dans le cadre de l'enquête de sécurité, en vue de prévenir des accidents ou des incidents. Cette recommandation est adressée, au moment de la parution du rapport définitif, à une personne physique ou morale qui dispose de deux mois à réception, pour faire part au BEA des suites qu'elle entend y donner. La réponse est publiée sur le site du BEARI.

Synthèse

Le site de la société YARA France situé à Ambès reçoit par bateaux de l'ammoniac (gaz liquéfié sous pression) qu'il transforme sous forme d'engrais pour une part majoritaire ou qu'il commercialise.

Le mercredi 23 mars 2022, l'équipe logistique prend son poste à 6 h00. Vers 9 h10 un camion est invité à se positionner sur l'aire de chargement du poste de chargement d'ammoniac. Les opérations de chargement sont menées par un opérateur avec l'aide du chauffeur. Vers 9h30 le chauffeur perçoit une odeur d'ammoniac et l'opérateur constate une fuite et décide de procéder à un resserrage au marteau des deux raccords. C'est à cet instant que le bras de chargement sur la phase liquide se déconnecte brutalement.

Les mesures de maîtrise des risques se déclenchent normalement et permettent d'éviter tout impact extérieur significatif. En revanche, un opérateur est directement frappé par le jet d'ammoniac liquide entraînant des blessures graves. Une seconde personne, venue en aide immédiatement, est touchée plus légèrement. La fuite a été estimée entre 200 et 300 litres d'ammoniac liquide.

La cause primaire de la fuite est la rupture de l'assemblage vissé entre le bras et la manchette (raccord Weco) lors de la tentative de resserrage. L'examen minutieux de l'écrou permet d'attribuer cette rupture à l'usure importante de l'écrou et de la manchette.

Cet accident permet de tirer plusieurs enseignements de sécurité en matière d'efficacité des mesures de maîtrise des risques, de surveillance des équipements de connexion et des contrôles à réaliser dans ce cadre.

Par ailleurs, le BEA-RI recommande à l'exploitant de :

- Modifier la procédure en cas de fuite pour ne réaliser de resserrage des écrous « Weco » qu'après retour à la pression atmosphérique de la liaison ;
- Intégrer dans les différents contrôles visuels mis en place sur le bras de chargement et sur les manchettes de connexion le contrôle de l'état des oreilles des écrous « Weco » ;
- Réaliser des contrôles dimensionnels des filetages mâles et femelles à une fréquence cohérente avec le taux d'utilisation des différents éléments réalisant la connexion et avant toute utilisation initiale sur les matériels actuellement en stock.

Le BEA-RI recommande également au pouvoir réglementaire :

- D'informer les services de contrôle sur les risques inhérents à ce type d'assemblage afin d'inciter les exploitants à mettre en place un contrôle visuel de l'état des oreilles et un contrôle dimensionnel de différents filetages pour la partie d'équipement relevant de la réglementation relative aux équipements sous pression ;
- Veiller à ce que les contrôles périodiques des véhicules routiers soumis à l'ADR prévoient un contrôle visuel et dimensionnel des parties filetées des équipements de chargement-déchargement équipés de raccord union type « Weco ».

Sommaire

I.	Rappel sur l'enquête de sécurité.....	6
II.	Constats immédiats et engagement de l'enquête	6
	II.1 Les circonstances de l'accident.....	6
	II.2 Le bilan de l'accident.....	8
	II.3 Les mesures prises après l'accident.....	8
	II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête	8
III.	Contextualisation.....	8
	III.1 L'entreprise.....	8
	III.2 L'installation.....	9
	III.2.1 Le poste de chargement.....	9
	III.2.2 Le fonctionnement.....	11
	III.2.3 Les consignes.....	11
	III.2.4 La réglementation applicable.....	12
	III.2.5 Les préconisations du constructeur du bras.....	13
IV.	Compte-rendu des investigations menées.....	13
	IV.1 Reconnaissance de terrain.....	13
	IV.2 Expertise dans le cadre judiciaire.....	14
V.	Déroulement de l'évènement.....	14
	V.1 Déclenchement de l'évènement.....	14
	V.2 L'intervention des secours publics.....	16
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	16
	VI.1 Scénario.....	16
	VI.2 Facteurs contributifs.....	18
	VI.2.1 Le serrage sous pression.....	18
	VI.2.2 La forme des oreilles de serrage.....	18
	VI.2.3 Le maintien du chargement	19
	VI.2.4 L'insuffisance des contrôles réalisés sur les vis et les écrous.....	19
VII.	Enseignements de sécurité.....	19
	VII.1 Cinétique de déclenchement des mesures de sécurité.....	19
	VII.2 La nécessité d'un contrôle de l'usure des raccords.....	19
VIII.	Recommandation de sécurité.....	20
	VIII.1 À destination de l'exploitant qui accueille ce type d'équipement.....	20
	VIII.2 À destination du pouvoir réglementaire	20

Rapport d'enquête

Sur la fuite d'ammoniac sur le site de la société YARA France à Ambès (33)

I. Rappel sur l'enquête de sécurité

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement. Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurités. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

II. Constats immédiats et engagement de l'enquête

II.1 Les circonstances de l'accident

Le 23 mars 2022, l'opérateur affecté au poste de chargement d'ammoniac liquide sous pression réceptionne un camion pour chargement. Après avoir effectué les contrôles à la fois sur l'installation et sur le camion, il procède avec l'aide du chauffeur au raccordement du camion avec l'installation de chargement. Cette installation comporte notamment un bras de chargement pour la phase liquide et un bras de retour en phase gazeuse pour assurer l'équilibre de pression. Les deux bras sont raccordés au camion par l'intermédiaire de manchettes assemblées par des raccords « union » à frapper type « Weco » (cf. photographie n°1 en page 10 du rapport).

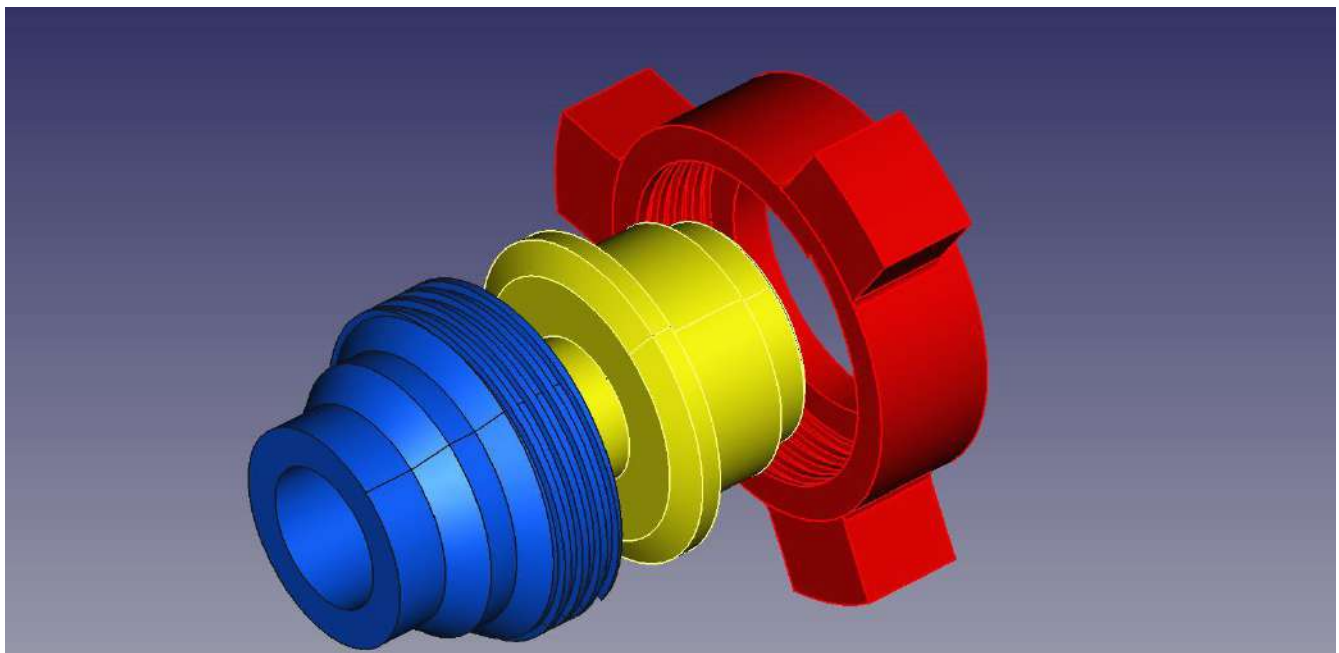
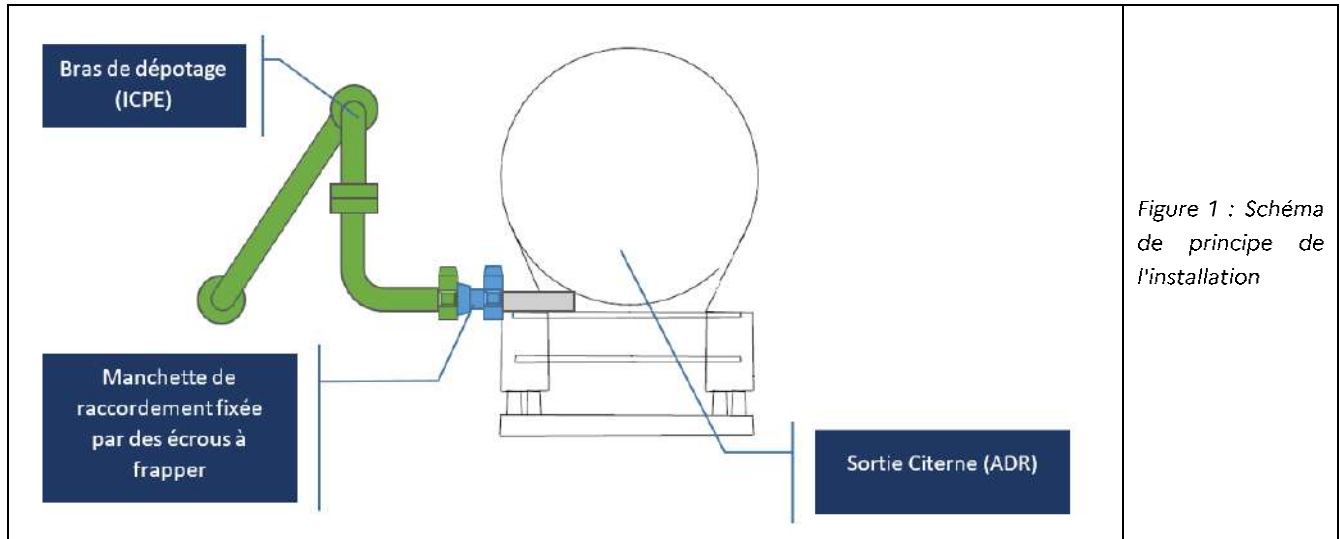


Figure 2 : Raccord "type Weco". Ecrou à frapper en rouge

Une fois le camion raccordé, l'opérateur lance le chargement après avoir procédé aux contrôles nécessaires notamment en matière d'étanchéité. Souhaitant prendre une pause, il est remplacé par le chef d'équipe qui est ce jour-là en position de « remplaçant tous postes ».

Durant le chargement, le chef d'équipe constate une fuite sur le raccord de phase liquide qu'il qualifiera de faible ampleur. Il s'équipe avec des équipements de protection individuelle et se munit d'un marteau. Il tente de resserrer le raccord pour faire cesser la fuite en frappant l'écrou. Cette action conduit à la déconnexion du bras de phase liquide au niveau de l'écrou et à la fuite d'ammoniac.

Cette fuite, à très fort débit, impactera directement l'opérateur, et sera rapidement détectée notamment par les capteurs d'ammoniac disposés à proximité du poste de chargement, ce qui conduira à la fermeture des vannes de fond du camion et de la vanne d'isolement bras de chargement. La rapidité

de la réaction des mesures de protection permettra de limiter à quelques centaines de litres le volume d'ammoniac déversé.

II.2 Le bilan de l'accident

Le bilan humain s'élève à deux blessés et à une douzaine d'impliqués qui seront pris en charge par les sapeurs-pompiers à leurs arrivées sur les lieux. Tous les impliqués sont des personnels qui étaient présents sur le site lors de la fuite

La faible quantité d'ammoniac émise à l'atmosphère n'a pas généré d'effet perceptible à l'extérieur du site. La présence d'une aire de rétention au droit de la zone de chargement a permis de limiter les pollutions au droit de la zone où s'est produite la fuite.

II.3 Les mesures prises après l'accident

À la suite de l'accident, l'installation a été consignée et mise en sécurité dans l'attente notamment d'inspections ultérieures.

II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé l'ouverture le jour même de l'accident, d'une enquête après en avoir informé le directeur général de la prévention des risques.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont rendus sur place le mardi 29 mars 2022. Ils ont rencontré les représentants de la société YARA France et ont pu effectuer leurs investigations en présence de la gendarmerie, de l'inspection du travail et de l'inspection des installations classées.

À l'issue de cette visite, la gendarmerie a placé sous scellés un certain nombre d'éléments techniques pour expertises ultérieures.

Les enquêteurs ont recueilli les témoignages ou déclarations écrites des acteurs impliqués dans l'évènement et dans sa gestion. Ils ont eu, consécutivement à ces entretiens et aux réunions techniques organisées par la suite, communication des pièces et documents nécessaires à leur enquête.

III. Contextualisation

III.1 L'entreprise

Situé dans l'estuaire de la Gironde, le site d'Ambès de la société YARA France reçoit par bateaux de l'ammoniac (gaz liquéfié sous pression) qu'elle commercialise directement pour une faible part ou après transformation. La transformation de l'ammoniac permet la fabrication :

- D'acide nitrique par oxydation de l'ammoniac ;

- De nitrate d'ammonium en solution chaude (NASC), par réaction de l'ammoniac sur l'acide nitrique ;
- Des engrais à base d'ammonitrate par granulation du NASC avec l'ajout de charges minérales.

L'installation reçoit ainsi plusieurs centaines de milliers de tonnes par an d'ammoniac. L'essentiel (plus de 70 %) est transformé en engrais, le reste étant vendu sous forme des sous-produits listés ci-dessus.

Outre les ateliers de transformation, le site dispose des installations logistiques nécessaires pour gérer les flux de produits. À cet effet, il dispose de capacités de stockage de l'ammoniac liquide pour pouvoir alimenter les ateliers de transformation. Il dispose également de postes de chargement de camions et /ou de wagons citernes pour assurer l'expédition des produits liquides (ammoniac, NASC et acide nitrique). Compte tenu de l'importance de ces postes, un service particulier est dédié aux activités de logistique. Il comprend outre un chef de service et un assistant technique, deux équipes de 9 personnes comprenant notamment un chef d'équipe.

En 2021, cette activité a concerné en matière d'ammoniac liquide un peu plus de 10.000 t d'ammoniac, représentant le chargement de 2 à 3 camions par jour.

III.2 L'installation

III.2.1 Le poste de chargement

L'équipement concerné par l'accident est le poste de chargement camion¹. Le poste permet le chargement de l'ammoniac sous forme liquide sous pression, approximative de 7 bars, à une température comprise entre 5 et 10° C. L'ammoniac étant stocké sur le site d'Ambès à des températures plus faibles, il est réchauffé avant envoi au poste de déchargement par un équipement dédié. En sortie du réchauffeur, il est acheminé jusqu'au poste par des tuyauteries. Une vanne de sécurité, située en amont du bras, permet de gérer l'isolation du poste de chargement du réchauffeur notamment en cas de fuite sur le poste.

Le retour de l'ammoniac gazeux issu du ciel du camion s'effectue, après traitement des inertes, dans la capacité de stockage du site.

Le poste de chargement en lui-même est constitué d'une aire de chargement sur rétention et de deux bras de chargement de marque FMC (un par phase du produit). Ces bras qui sont munis de plusieurs articulations permettent le raccordement du véhicule avec l'installation fixe et le transfert du produit à des débits importants.

À l'extrémité du bras, on retrouve un raccord « union » à frapper de type WECO (cf. photos ci-dessous). Ce type de raccord répond à un standard industriel et se décline en différents modèles, notamment en fonction des paramètres dimensionnels et de la nature des filetages (il existe de multiples normes²). De manière générale, l'étanchéité du raccord est assurée par la mise en place d'un joint torique ou à lèvres en fonction du type de raccord. Ce type de raccord est adapté pour des pressions maximales de service variant suivant les modèles d'une trentaine de bars à plus de 1000 bars. Le serrage de ce type de raccord

¹ Pour des raisons de sûreté de l'installation, la description sera limitée aux éléments permettant la compréhension de l'accident

² La diversité de véhicules acceptés sur le site conduit Yara à utiliser deux types de pas : ISO ou ACME

s'effectue habituellement au marteau en frappant sur les oreilles. Néanmoins, on observe également d'autres modes de serrage proposés par les fabricants par modification de la nature de l'écrou (à encoches ou à oreilles). La partie à serrer (écrou) est du côté bras.

Coté camion, on retrouve l'autre partie du raccord. Comme précisé précédemment, il existe plusieurs types de filetage et notamment pour un même diamètre nominal, plusieurs formes de filets rendant parfois incompatibles le côté bras (filetage ACME) et le côté camion (filetage ISO ou ACME selon les transporteurs). En cas d'incompatibilité une pièce d'adaptation (dénommé manchette dans la suite de ce rapport) est mise en place. Il s'agit de deux raccords (un male et un femelle) soudés ensemble qui permettent la connexion du bras sur le camion.

Coté camion, on trouve également, outre le raccord généralement directement monté sur la vanne, une vanne manuelle puis, en remontant vers la citerne, un clapet de fond dont la fermeture peut être commandée à distance.

Outre la vanne d'isolement déjà évoquée, on retrouve sur le bras en lui-même un disconnecteur dit « sec » qui permet d'éviter l'arrachement de la conduite en cas de déplacement intempestif du camion. Le bras est également muni d'une sécurité à air comprimé permettant de vérifier l'étanchéité du raccordement au bras. Cette sécurité ne fonctionne que sur le premier raccordement ainsi lors de l'utilisation d'une manchette, seul l'étanchéité entre le bras et la manchette est testée et non l'étanchéité entre la manchette et le camion.



Photographie 1 : Écrou à frapper côté bras de chargement. L'orifice visible sur la périphérie du raccord sert au contrôle d'étanchéité à l'air comprimé

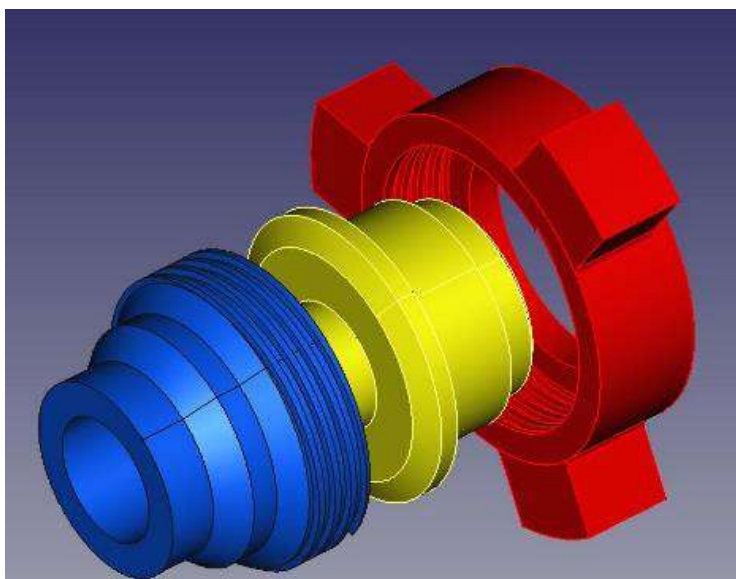


Figure 3 : Dessin de l'écrou à frapper

L'aire de chargement est équipée d'un pont-bascule qui permet les pesées (à vide et après chargement du camion et en temps réel). Durant le chargement, le véhicule est immobilisé par son frein de stationnement ainsi que par deux jeux de cales dont une qui permet de détecter des mouvements du camion.

En matière de sécurité on peut distinguer :

- Les sécurités entraînant l'arrêt de la séquence de chargement ;
- Les sécurités entraînant le fonctionnement des disconnecteurs secs.

Il est à noter qu'une raison entraînant le fonctionnement des disconnecteurs entraîne l'arrêt de la séquence de chargement.

III.2.2 Le fonctionnement

Le camion est amené et calé sur l'aire de chargement après que les contrôles qui seront détaillés dans le paragraphe III.2.3 ci-dessous soient satisfaisants. Le camion est pesé à vide.

Après avoir revêtu les équipements de protection individuelle, l'opérateur, aidé par le chauffeur si nécessaire, procède au raccordement de la manchette sur le camion puis du bras sur la manchette. En complément, les systèmes sécurité de fermeture des clapets de fond, les cales de détection de mouvements et la prise de terre (liaison équipotentielle) sont mis en place. Outre la vérification de l'étanchéité via le test pneumatique tout au long du chargement, il est procédé, avant le chargement, à un test d'étanchéité par ouverture de la vanne du bras gaz puis du bypass du camion permettant la liaison avec la phase liquide. De cette façon, le contrôle de l'étanchéité au gaz est réalisé sur les deux connexions gaz et liquide.

En cas de fuite sur la liaison bras camion, il est procédé à un resserrage au marteau des raccords « weco ».

Une fois ces étapes réalisées, la vanne manuelle de l'extrémité du bras est ouverte.

Le chauffeur, sur instruction de l'opérateur, procède à l'ouverture des clapets de fond ainsi que des vannes du camion. L'installation est désormais prête pour le transfert d'ammoniac.

Le déclenchement de la séquence de chargement a lieu après échange avec la salle de contrôle notamment en matière de quantité à charger. Puis l'opérateur lance la séquence de chargement.

La séquence de chargement s'effectue sous la surveillance permanente d'un opérateur. Ce dernier peut être remplacé durant le chargement par un collègue disposant des qualifications requises notamment afin de pouvoir prendre une pause.

En l'absence de problème lors du chargement, il se termine automatiquement lorsque la consigne de remplissage est atteinte.

L'opérateur et le chauffeur s'équipent à nouveau et procèdent dans l'ordre à la fermeture des vannes manuelles sur les bras, et à la fermeture des clapets de fond. Ils procèdent ensuite à la purge des circuits gaz et liquide entre les clapets de fond et les vannes manuelles du bras.

Une fois ces circuits purgés, ils procèdent à la déconnection des deux bras et de la manchette par dévissage au marteau des raccords « Weco ».

III.2.3 Les consignes

Le chargement fait l'objet d'une consigne et d'un mode opératoire.

La consigne définit les grandes lignes de l'activité et les dangers relatifs à l'opération répertoriés par Yara comme étant à risque. La consigne détaille également les protections individuelles, les zonages de sécurité ainsi que les procédures d'arrêt d'urgence manuel ou automatique du chargement. Enfin elle détaille la conduite à tenir en cas d'incident. Elle précise notamment la consigne à suivre en cas de fuite et distingue à cet effet deux situations :

Fuite minime :

- *Arrêter le chargement ;*
- *Revêtir la tenue de sécurité ;*
- *Resserrer le raccord.*

Fuite importante :

- *Arrêter le chargement et fermer les clapets de sécurité ;*
- *Interdire l'accès aux postes de chargement NASC, acide, solution azotée et ammonitrate ;*
- *Signaler la fuite à la hiérarchie.*

Elle ne détaille pas à contrario la notion de fuite minime ou importante.

Le mode opératoire est lui très détaillé en précisant pas à pas la procédure et notamment les vérifications à opérer avant chargement (contrôles techniques et documentaires à effectuer sur le camion) et rappelle les deux exigences MMR (contrôle de l'étanchéité de la connexion et limitation du nombre de personnes présentes) liées à cette opération. Par contre, il n'ajoute rien concernant la gestion des accidents/incidents sur ce poste.

III.2.4 La réglementation applicable

Le chargement/déchargement de matière dangereuse au sein d'une ICPE³ est à la frontière de trois réglementations distinctes :

- La législation relative aux installations classées (ICPE) ;
- La législation relative aux équipements sous pression (ESP) ;
- La législation relative au transport de matières dangereuses par voie routière (ADR).

L'ensemble de l'installation et de l'opération de chargement/déchargement est régi par la partie « ICPE » qui comprend notamment des prescriptions en matière de mesures de maîtrise des risques, d'obligation de formation et de qualifications, de maîtrise du vieillissement ainsi qu'en matière procédurale.

La réglementation ESP est limitée aux réservoirs et tuyauteries sous pression. Les bras de chargement (Phase liquide et gaz) sont des équipements sous pression au sens de l'article R. 557-9-1 du Code de

³ Installation classée pour la protection de l'environnement

l'environnement⁴. Ils font l'objet de plan d'inspection en application du VII de l'article 13 de l'arrêté du 20 novembre 2017 ou de programmes de contrôle en application du III de l'article 15 de ce même arrêté. Dans le cas de l'établissement YARA ce plan d'inspection a été approuvé par son service d'inspection reconnu (SIR) en application de la circulaire BSEI n°13-125 du 31/12 2013 modifiée. S'agissant des manchettes, au regard de l'utilisation qu'en fait YARA sur son site, elles relèvent, au sens de la réglementation sur les équipements sous pression, soit de la qualification d'accessoire soit de la qualification de tuyauterie d'usine et, doivent disposer d'un suivi en service.

Enfin, la partie raccord coté véhicule relève de l'ADR. Dans ce cadre, la citerne et ses équipements accessoires font l'objet d'un suivi en service et notamment d'une visite de la citerne par un organisme 'habilité. Enfin, en application de l'ADR, le remplisseur doit s'assurer avant chaque remplissage " du bon état technique de la citerne et de ses équipements" (1.4.3.3 a) de l'ADR).

III.2.5 Les préconisations du constructeur du bras

L'exploitant a communiqué au BEA-RI la documentation technique fournie par le constructeur du bras. Cette documentation comporte des éléments sur les raccords Weco ref Fig 602 ACME qui équipent le bras. Elle précise la méthode de serrage par utilisation d'un marteau anti-étincelant. Le BEA-RI n'a pas trouvé trace d'autres préconisations d'entretien ou d'utilisation dans la documentation qui a pu être retrouvée tant chez l'exploitant que chez le constructeur.

En revanche, les recherches menées auprès des fabricants d'écrou ont permis de constater que la plupart d'entre eux recommandent notamment de :

- Ne pas frapper ou serrer sous pression ce type de raccord ;
- Ne pas utiliser de composants usés, érodés ou corrodés ;
- Ne pas utiliser les écrous lorsque les oreilles sont fortement endommagées.

IV. Compte-rendu des investigations menées

IV.1 Reconnaissance de terrain

Les inspecteurs du BEA-RI se sont déplacés sur site le 29 mars, accompagnés de la gendarmerie, de l'inspection du travail et de l'inspection des installations classées. Ils ont procédé aux premiers constats en leur présence ainsi que des personnels de la société YARA France. À l'issue de la visite, la gendarmerie a procédé sur instruction du parquet à des saisies complémentaires dans le cadre de son enquête.

⁴ L'article R. 557-9-1 du code de l'environnement transpose en droit français la définition d'une tuyauterie telle qu'établie par la directive 2014/68/CE. Il précise *"Tuyauteries" : des composants de canalisation, destinés au transport des fluides, lorsqu'ils sont raccordés en vue d'être intégrés dans un système sous pression ; les tuyauteries comprennent notamment un tuyau ou un ensemble de tuyaux, le tubage, les accessoires de tuyauterie, les joints d'expansion, les flexibles ou, le cas échéant, d'autres composants résistant à la pression ; les échangeurs thermiques constitués de tuyaux et destinés au refroidissement ou au réchauffement de l'air sont assimilés aux tuyauteries.)"*

IV.2 Expertise dans le cadre judiciaire

Dans le cadre de l'enquête judiciaire, les éléments saisis par la gendarmerie ont fait l'objet d'une expertise. Certains éléments ont été communiqués au BEA-RI dans le cadre de l'article L. 501-8 du Code de l'Environnement. Ils mettent en évidence :

- Une usure des deux parties du filetage tant du côté de la manchette que du côté du bras de chargement. Cette usure se traduit par une modification à la fois purement dimensionnelle qui entraîne une forte diminution de la hauteur des filets en prise (différence entre le diamètre extérieur de la partie mâle et le diamètre intérieur de la partie femelle) mais également des modifications de la géométrie des filets favorisant la désolidarisation de l'assemblage ;
- L'absence de défaut métallurgique patent dans les microstructures des deux éléments ;
- Une différence de dureté de l'acier, la manchette se révélant moins dure que la partie bras ;
- De fortes déformations des oreilles du bras de chargement qui modifient notablement la direction de l'impact de l'outil de frappe lors d'un serrage-desserrage. Dans ce cas, l'impact va générer à la fois un effort tangentiel recherché mais aussi un effort axial préjudiciable à l'assemblage.

V. Déroulement de l'évènement

V.1 Déclenchement de l'évènement

Le mercredi 23 mars 2022, l'équipe logistique prend son poste à 6h00, le chef d'équipe répartit le travail planifié par le logiciel qui gère les expéditions entre les huit personnes présentes en fonction notamment de leurs qualifications respectives. Un opérateur est affecté au chargement d'ammoniac. Il procède à un premier chargement sans difficulté. Vers 8h00, un second camion se présente. Son chauffeur remplit les formalités nécessaires à l'admission sur site. D'abord pour lui-même (visionnage du film de sécurité) et ensuite pour le véhicule (contrôle par l'opérateur de la conformité du véhicule et du chauffeur à l'ADR).

Vers 9h10, le chauffeur du second camion est invité à se positionner sur l'aire de chargement. Les opérations de chargement sont menées par l'opérateur avec l'aide du chauffeur. Pour ce faire, ils revêtent l'un comme l'autre leurs équipements de protection. Conformément au mode opératoire, ils procèdent à la connexion des deux bras (phase liquide et phase gazeuse).

À 9h16, le camion est connecté, les clapets de fond ouverts. L'opérateur retourne dans la cabine et le chargement débute une minute plus tard. L'opérateur enlève ses EPI (masque à cartouche et tenue anti acide) alors que le chauffeur gagne le bungalow prévu à cet effet. L'opérateur surveille le début du chargement puis sollicite une dizaine de minute plus tard son chef d'équipe qui dispose des qualifications requises pour occuper l'ensemble des postes du secteur logistique pour le remplacer durant sa pause. Le chef d'équipe reprend la surveillance en conservant l'équipement de sécurité de l'opérateur.

Vers 9h30, le chauffeur perçoit une odeur d'ammoniac et le chef d'équipe constate une fuite qu'il qualifie de « minime » sur le bras « liquide ». À 9h33, un pic de la concentration dans l'air d'ammoniac est constaté sur le détecteur le plus proche, sans atteindre le seuil de déclenchement. Le chef d'équipe revêt les EPI de l'opérateur et sans arrêter l'opération de chargement décide de procéder à un resserrage au marteau des deux raccords (bras-manchette et manchette-camion).

C'est à cet instant que le bras de chargement sur la phase liquide se déconnecte brutalement.

À 9h35, la sécurité à air comprimé (cf. paragraphe III-2-1) se déclenche et entraîne en cascade la séquence de sécurité entraînant l'isolation du camion par fermeture des clapets de fond et isolation du bras (fermeture des différentes vannes en amont du bras de chargement). Cette séquence de sécurité se déroule correctement. Elle entraîne également la fermeture de la vanne d'alimentation en air comprimé du bras.

8 secondes après le déclenchement de la sécurité à air comprimé, le premier détecteur d'ammoniac dépasse son seuil de déclenchement entraînant la commande de déconnection du PERC⁵. Cette commande est non suivie d'effet car dès la détection d'ammoniac par le réseau de détecteurs extérieurs, le bras n'est plus alimenté en air comprimé⁶.

En moins de deux minutes, l'ensemble des capteurs d'ammoniac sous le vent de la fuite détecte le nuage et reviennent sous les seuils de déclenchement.

La fuite a été estimée à environ 255 litres en phase liquide ce qui correspond à la quantité d'ammoniac contenue dans la tuyauterie située entre la vanne d'isolement du bras et les clapets de fond du camion et à la quantité écoulee pendant les 4 secondes qui se sont écoulées jusqu'à l'arrêt automatique de l'alimentation. Le chef d'équipe a été directement atteint par le jet d'ammoniac liquide entraînant des blessures graves. Une seconde personne, venue en aide immédiatement, a également été touchée, plus légèrement.

Le fonctionnement correct des séquences de sécurité a évité tout impact extérieur significatif.

Le poste de chargement a été sécurisé. Il a été constaté la déconnection du bras de chargement liquide du camion au niveau du raccord manchette/bras liquide (cf. photo).

⁵ Raccord déconnecteurs sec

⁶ Séquence de mise en sécurité conforme aux procédures et à la mesure de maîtrise des risques référencée dans l'étude de dangers.



Photographie 2 : Manchette de raccordement fixée sur le raccord du camion-citerne

V.2 L'intervention des secours publics

Le POI a été déclenché. Il a été fait appel aux secours publics dans le cadre des opérations de secours à personnes.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

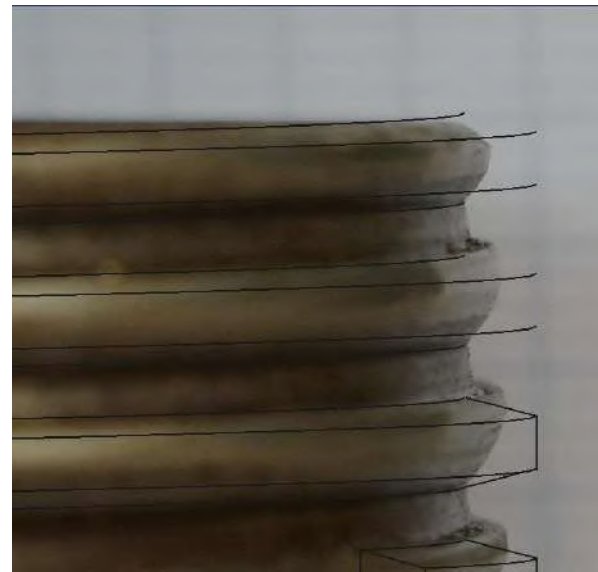
La mise en service de nouveaux camions par une des sociétés de transport qui expédie l'ammoniac du site YARA d'Ambès a entraîné la nécessité de disposer de manchettes d'adaptation entre le bras de chargement (filetage aux standards « ACME ») et les nouveaux camions (filetage ISO) tout en conservant la possibilité de charger des camions aux standards « ACME ». La société ayant déjà été confrontée à ce problème sur un poste de chargement wagons, avait approvisionné à une date qui n'a pu être déterminée des manchettes d'adaptation.

L'utilisation de ces manchettes n'étant plus nécessaire dans le cas des wagons, les deux manchettes ont été déposées au magasin. Lors de cette remise, aucun contrôle ne semble avoir eu lieu. De même, lors de la sortie du magasin, aucun contrôle n'a été réalisé.

Coté bras de chargement, des contrôles réguliers sont menés par le SIR mais aucun ne fait mention de l'usure, notamment des oreilles de serrage (cf. photographie n°3). Que ce soit les contrôles du bras ou des manchettes liées au poste, aucune mesure dimensionnelle des filetages n'est prévue.



Photographie 3 : les oreilles de l'écrou à frapper sont de forme triangulaire et non parallélépipédique ce qui traduit une usure de l'écrou;



Photographie 4 : Photographie du profilé du filetage sur la partie mâle de la manchette. Les traits noirs donnent un aperçu de la forme du filetage neuf.

Le mercredi 23 mars 2022, un camion nécessitant l'utilisation de manchette se présente au chargement. Il est d'abord pris en charge par le gardien puis par l'opérateur de chargement conformément aux procédures en vigueur. Après les contrôles prévus, l'opérateur de chargement connecte la manchette sur camion, puis aidé par le chauffeur, comme le prévoit la procédure, il connecte le bras sur la manchette. Il procède au serrage au marteau des raccords (phases gaz et liquide).

L'ensemble des sécurités est mis en place et ne révèle aucun problème. Après contact avec la salle de contrôle, l'opérateur lance le chargement depuis son bungalow de contrôle. Le chauffeur, lui, gagne la salle d'attente des chauffeurs.

L'opérateur en poste souhaitant prendre sa pause et le chargement se déroulant de manière satisfaisante, il sollicite son chef d'équipe qui prend sa place pour surveiller le chargement.

À 9h30, une fuite se déclare sur la connexion en phase liquide. Cette fuite est qualifiée de minime mais elle est suffisamment importante pour être détectée par les capteurs d'ammoniac. Les valeurs mesurées restent inférieures aux valeurs de déclenchement des sécurités. Le chef d'équipe revêt la tenue de sécurité et entreprend de resserrer le raccord. La pression dans la tuyauterie est d'environ 8 à 10 bars et le chargement n'est pas interrompu. Lors de la tentative de resserrage, l'assemblage vissé entre la manchette et le bras de chargement cède de manière brutale entraînant l'aspersion brutale d'ammoniac liquide du chef d'équipe.

En cédant, l'assemblage déclenche de manière immédiate (durée estimée inférieure à la seconde) la sécurité d'étanchéité à l'air du bras entraînant la mise en place de la séquence de sécurité (fermeture

des vannes coté usine et des clapets de fond coté camion. Cette séquence se déroule correctement, permettant l'isolation de la fuite. La quantité d'ammoniac rejetée correspond au 4 secondes de temps de fermeture et au volume de canalisation compris entre les clapets de fond du camion et la vanne d'isolement du bras soit environ 5 à 6 m de longueur de canalisation.

Les capteurs montreront le passage du nuage et un retour rapide sous les valeurs de déclenchement.

Les déconnecteurs secs ne seront pas sollicités du fait de la mise en place de la séquence de sécurité liée au déclenchement de la sécurité dite d'étanchéité à l'air.

La cause primaire de la fuite est la rupture de l'assemblage vissé entre le bras et la manchette (raccord Weco) lors de la tentative de resserrage. L'examen minutieux de l'écrou permet d'attribuer cette rupture une usure importante de l'écrou et de la manchette.

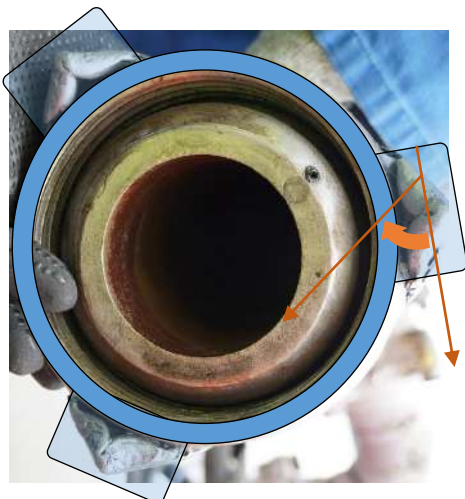
VI.2 Facteurs contributifs

VI.2.1 Le serrage sous pression

Lorsque la canalisation est mise sous pression, les filets de la vis et de l'écrou sont sollicités mécaniquement. Les efforts supplémentaires exercés lors de l'opération de resserrage s'ajoutent donc à ces derniers. Compte-tenu de l'usure importante des filets, les efforts combinés ont dépassé la limite admissible de l'assemblage libérant immédiatement une quantité de produit sous pression. La pression a ainsi contribué à faire céder l'assemblage et à libérer une partie du liquide présente dans la canalisation.

VI.2.2 La forme des oreilles de serrage

En utilisation normale, l'opérateur serre l'écrou en frappant au moyen d'un marteau les oreilles de serrage dont la forme initiale est représentée sur la photo ci-dessous. La déformation progressive des oreilles au fil des utilisations modifie la direction de la force de serrage. Initialement exclusivement tangentielle, cette force voit sa composante radiale augmenter au fur et à mesure que la surface de frappe s'approche de la circonférence de l'écrou. Ceci réduit l'efficacité du serrage et provoque un effort radial qui peut provoquer le désassemblage si, par ailleurs, les filets des vis et écrous sont usés.



Photographie 5 : écrou à frapper. Superposition d'une photo de l'écrou quelques jours après l'accident et du dessin de sa forme théorique à l'état neuf. Avec un écrou neuf la force de la frappe a une direction tangentielle et l'essentiel de l'effort sert au serrage. Avec des oreilles usées, l'effort exercé par le choc du marteau s'exerce radialement ce qui va avoir pour effet de désaxer l'écrou et la vis, réduire la surface de prise de filets, augmenter les forces sur ces derniers au-delà de leur résistance mécanique.

VI.2.3 Le maintien du chargement

La non-interruption du remplissage du camion préalablement au serrage de l'écrou a provoqué un rejet d'ammoniac plus important que si la rupture avait eu lieu installation arrêtée. Le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques (détection, traitement, actionnement) a toutefois permis d'interrompre le rejet dans les conditions prévues par l'étude de danger du site.

VI.2.4 L'insuffisance des contrôles réalisés sur les vis et les écrous

L'enquête a permis d'établir que le contrôle de l'état des écrous et des filetages servant à l'assemblage bras-manchette-camion s'est avéré insuffisant pour alerter sur l'état général des accessoires et le risque de rupture de l'assemblage lors de l'utilisation.

VII. Enseignements de sécurité

Compte tenu de son champ de compétence, le BEA-RI s'est limité aux enseignements de sécurité en matière de prévention d'un accident industriel pouvant avoir des impacts hors site et n'a pas abordé les enseignements de sécurité contribuant à la protection directe des opérateurs, ce dernier sujet ne relevant pas de ses prérogatives.

VII.1 Cinétique de déclenchement des mesures de sécurité

La sécurité du poste de chargement repose sur des mesures de maîtrise des risques⁷ indépendantes et redondantes asservies à la surveillance de différents paramètres : pression de liquide, pression de contrôle de l'étanchéité de la connexion, déplacement du camion, concentration d'ammoniac dans l'air. Dans l'accident qui s'est produit, la chaîne de sécurité la plus réactive a été logiquement celle qui concernait l'étanchéité de la liaison. La chaîne de sécurité asservie à la détection d'ammoniac s'est activée 8 secondes plus tard et a permis d'assurer une redondance sur l'arrêt bien que non nécessaire dans ce cas. L'indépendance des mesures et la diversité des paramètres surveillés permettent de réduire globalement le risque d'accident majeur ainsi que l'ampleur de l'accident.

VII.2 La nécessité d'un contrôle de l'usure des raccords

Si le contrôle visuel régulier des organes servant au chargement (bras tuyauterie, raccord camion) permet d'identifier la présence d'éléments empêchant son utilisation (détérioration consécutive à un choc, saletés, ...), il ne permet pas de mesurer des usures lentes et progressives dans le temps qui peuvent à terme remettre en cause la tenue de l'assemblage lors de l'utilisation sous pression. Il convient donc

⁷ Barrière de sécurité

de prévoir à une fréquence qui doit tenir compte du niveau de sollicitation des organes, un contrôle régulier des dimensions des filetages et leur conformité aux tolérances associées.

Il est à noter que dans le cas des écrous à frapper, l'importante déformation des oreilles qui n'a pas été signalée lors des différents contrôles bien que facilement visible, est un indicateur pertinent de l'usure de l'équipement.

VIII. Recommandation de sécurité

VIII.1 À destination de l'exploitant qui accueille ce type d'équipement

Le BEA-RI recommande à l'exploitant de :

- **Modifier la procédure en cas de fuite pour ne réaliser de resserrage des écrous « Weco » qu'après retour à la pression atmosphérique de la liaison**
- **Intégrer dans les différents contrôles visuels mis en place sur le bras de chargement et sur les manchettes de connexion le contrôle de l'état des oreilles des écrous « Weco »**
- **Veiller à ce que tous les accessoires permettant d'assurer le transfert de produits entre les véhicules et les installations soient bien intégrés au plan d'inspection ou au programme de contrôle du bras de remplissage ou de dépotage.**
- **Réaliser des contrôles dimensionnels des filetages mâle et femelle à une fréquence cohérente avec le taux d'utilisation des différents éléments réalisant la connexion et avant toute utilisation initiale sur les matériels actuellement en stock.**

VIII.2 À destination du pouvoir réglementaire

Le BEA-RI recommande au pouvoir réglementaire :

- **D'informer les entités en charge de réaliser les contrôles (selon les cas les personnes compétentes, les services d'inspection reconnus ou les organismes habilités) sur les risques inhérents à ce type d'assemblage afin qu'il s'assurent que les exploitants ont mis en place un contrôle visuel de l'état des oreilles et un contrôle dimensionnel de différents filetages pour la partie d'équipement relevant de la réglementation des équipements sous pression ;**
- **Veiller à ce que les contrôles périodiques des véhicules routiers soumis à l'ADR prévoient un contrôle visuel et dimensionnel des parties filetées des équipements de chargement-déchargement équipés de raccord "à visser".**



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**Bureau d'enquêtes et d'Analyses
sur les Risques Industriels**

MTE / CGEDD / BEA-RI
Tour Séquoïa
92055 La Défense Cedex

+33 1 40 81 21 22
bea-ri.cgedd@developpement-durable.gouv.fr

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>