



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Inspection générale de l'environnement
et du développement durable
Bureau d'enquêtes et d'analyses
sur les risques industriels**



Rapport d'enquête

Sur la perte de confinement
survenue au sein du site
ExxonMobil situé à Port-Jérôme-
sur-Seine (76) le 28 avril 2025

Bordereau documentaire

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

Titre du document : Rapport d'enquête sur la perte de confinement survenue au sein du site ExxonMobil situé à Port-Jérôme-sur-Seine (76) le 28 avril 2025

N° : MTE-BEARI-2026-03

Date du rapport : 18/05/2026

Proposition de mots-clés : perte de confinement, trioxyde de soufre, démarrage installation, calibrage, instrumentation, capteur de niveau.

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 BEA-RI.

Synthèse

Le 28 avril 2025, la nouvelle unité Safetriox de la plateforme de Gravenchon exploitée par ExxonMobil à Port-Jérôme-sur-Seine (76) est en phase de démarrage. Elle a déjà fonctionné à deux reprises mais sur des durées très courtes. Ce jour-là, alors que l'unité fonctionne déjà depuis plusieurs heures, les capteurs de niveau n'enregistrent toujours pas de variation du niveau de SO₃ dans un ballon de stockage localisé à l'intérieur d'un bâtiment, il est alors décidé de l'arrêter progressivement. Pendant l'opération de diagnostic des capteurs, une fuite de SO₃ survient et le POI est déclenché. Il sera levé dans la soirée et l'évènement correspondant à quelques centaines de grammes de matière rejetée n'aura pas de conséquence humaine, environnementale ou matérielle.

Au vu des circonstances et du contexte de l'incident, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé l'ouverture d'une enquête. Les échanges ainsi que les investigations menées ont permis d'établir que l'évènement est lié à un défaut de montage des capteurs de hauteur de fluide (absence de l'antenne).

Le BEA-RI retient comme facteurs contributifs de l'incident : le recours à un modèle d'équipement de mesure dont les caractéristiques diffèrent de celles le plus fréquemment rencontrées sur le site , un séquençement de tâches générant de nombreuses interfaces depuis la conception jusqu'à la mise en place du capteur par une société non spécialisée dans ce type d'équipement, une attention focalisée sur une procédure de montage spécifique à l'unité, une procédure de mise en service puis d'intervention sur le capteur qui ne retient pas le défaut rencontré dans l'analyse, et enfin, une modification en cours de conception qui ne permettait pas le montage de l'équipement de manière nominale.

Dans le cadre de cette enquête, le BEA-RI formule des enseignements de sécurité relatifs à l'importance de l'ergonomie et de la prise en compte des notices de montage, et à la bonne gestion des interfaces entre sachants et non familiers d'un domaine, ainsi qu'en cas de modification en cours de développement.

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'attention de l'exploitant ExxonMobil :

- **S'assurer que l'organisation interne de l'entreprise sécurise suffisamment la prise en compte par l'ensemble des personnes concernées des modifications structurelles notables effectuées en cours de projet ;**
- **Définir les étapes critiques (en en limitant le nombre au maximum) et mettre en place des procédures de contrôle systématiques à chaque étape critique : vérification de la complétude des équipements à la réception, contrôle visuel avant montage confirmant la présence de tous les composants présents dans la checklist « assemblage critique », identification des cas qui nécessitent un test fonctionnel obligatoire avant démarrage ou mesures compensatoires le cas échéant, et inspection finale avant mise en service. L'utilisation de listes de vérification détaillées, permettrait aux monteurs de s'assurer méthodiquement que chaque élément constitutif est présent et correctement installé. Plus particulièrement, pour les capteurs de type**

antenne « process seal », considérer la vérification de la présence du joint PTFE/antenne comme une étape à forte criticité : vérification de la complétude et du bon état des équipements à réception, contrôle visuel avant montage confirmant la présence de tous les composants, intégration d'une étape de vérification de la présence du joint PTFE et de son bon état dans la checklist "assemblage critique", analyse de risques et mode opératoire spécifiques en cas d'intervention de maintenance prévue sur ces équipements, inspection avant (re)mise en service pour s'assurer de la présence du joint PTFE/antenne ;

- S'assurer que les notices de montage fournies par les constructeurs définissent des règles de mise en place cohérentes avec celles retenues en conception, les remettre aux opérateurs internes ou externes en charge du montage en leur exposant les écarts éventuels, et plus particulièrement pour ce type de capteurs, compléter les informations à disposition du personnel susceptible d'intervenir sur ce type d'équipements et s'assurer que le caractère atypique de l'antenne encapsulée soit bien porté à l'attention des équipes avant montage (monteurs et opérateurs de supervision) ;
- Renforcer la traçabilité, en documentant photographiquement si c'est possible, les étapes clés du montage, pour permettre à la fois un contrôle qualité et une capacité d'investigation en cas d'intervention sur ces capteurs ;
- Compléter la formation des équipes de montage en y intégrant le retour d'expérience sur l'incident de montage survenu sur les capteurs « antenne process seal », pour leur permettre d'identifier les spécificités d'un équipement et de comprendre son fonctionnement pour être en capacité d'identifier visuellement une anomalie.

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'attention du fabricant de l'équipement Emerson :

- S'assurer que le conditionnement de la pièce met bien en avant de manière explicite le fait que la tête du capteur est partie intégrante de l'équipement. L'objectif étant de rendre impossible l'oubli d'un élément dès le déballage ;
- Intégrer dans les opérations de configuration, lorsqu'elles sont réalisées par l'équipementier ou par les équipes du client, une vérification systématique sans démontage, du montage correct de l'équipement (présence de l'ensemble des pièces) ;
- Formaliser un retour d'expérience collectant systématiquement les incidents de montage rapportés par les clients, analysant leurs causes et intégrant en cas de besoin des enseignements dans l'amélioration continue du produit, de sa documentation et de ses modalités de livraison ;
- Compléter les informations à disposition des techniciens susceptibles d'intervenir sur des défauts de fonctionnement pour qu'ils ajoutent le cas de l'absence de l'antenne à leurs contrôles.

Sommaire

I.	Rappel sur l'enquête de sécurité.....	7
II.	Constats immédiats et engagement de l'enquête	7
	II.1 Les circonstances de l'incident.....	7
	II.2 Le bilan de l'incident.....	8
	II.3 Les mesures prises après l'incident.....	8
	II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête	8
III.	Contextualisation.....	9
	III.1 Le site.....	9
	III.2 L'unité.....	10
	III.3 Les capteurs de niveau	11
IV.	Déroulement de l'évènement.....	13
V.	Compte-rendu des investigations menées.....	14
	V.1 Expertise des radars et du piquage.....	14
	V.2 Une organisation spécifique mise en place pour la construction de l'installation SO ₃	16
	V.3 Processus de mise à disposition des équipements pour les monteuses et mise en place des équipements	17
	V.4 Guide technique de l'équipement et spécificité de la pièce encapsulant l'antenne.....	18
	V.5 Processus d'étalonnage et de mise en service de l'équipement	19
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	20
	VI.1 Scénario.....	20
	VI.2 Facteurs contributifs.....	21
	VI.2.1 Nouveau modèle d'équipement.....	21
	VI.2.2 Géométrie et apparence atypique du capteur	21
	VI.2.3 Séquencement des tâches.....	21
	VI.2.4 Spécialisation de l'entreprise sous-traitante.....	21
	VI.2.5 Une attention focalisée sur le processus O ₂	22
	VI.2.6 Procédure de mise en service.....	22
	VI.2.7 Choix de la procédure d'intervention sur l'équipement en défaut.....	22
	VI.2.8 Dimensionnement du piquage.....	22
VII.	Enseignements de sécurité.....	23
	VII.1 Importance de l'ergonomie et de la prise en compte des notices de montage	23
	VII.2 Gestion des interfaces : biais cognitif des sachants	23
	VII.3 Gestion des interfaces : gestion des modifications.....	24
VIII.	Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant et du fabricant de l'équipement.....	25

Rapport d'enquête

Sur la perte de confinement survenue au sein du site ExxonMobil situé à Port-Jérôme-sur-Seine (76) le 28 avril 2025

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 sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités. La gestion post accidentelle des conséquences de l'accident ne relevant pas à proprement parler de l'enquête technique du BEA-RI, ce sujet ne sera pas détaillé davantage dans le présent rapport. Plus précisément, le rapport ne se prononcera pas sur la gestion de crise et sur la stratégie d'intervention retenue lors de l'évènement.

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'incident

Le 28 avril 2025, la nouvelle unité Safetriox de la plateforme de Gravenchon exploitée par ExxonMobil à Port-Jérôme-sur-Seine (76) est en phase de démarrage. Elle a déjà fonctionné à deux reprises mais sur des durées très courtes. Ce jour-là, alors qu'elle fonctionne déjà depuis plusieurs heures, les capteurs de niveau n'enregistrent toujours pas de variation du niveau de SO₃ dans un ballon de stockage localisé à l'intérieur d'un bâtiment, il est alors décidé d'arrêter progressivement l'unité. À 16h30, une fois l'unité à l'arrêt et alors qu'un technicien spécialisé du fabricant de l'équipement intervient pour tester l'électronique de l'un des deux capteurs de niveau, une perte de confinement de la phase gaz survient. La capacité sera dépressurisée à 18h30 et le POI levé vers minuit.

II.2 Le bilan de l'incident

La quantité de matière rejetée est estimée à quelques centaines de grammes. L'événement n'aura pas de conséquence humaine, environnementale ou matérielle.

II.3 Les mesures prises après l'incident

À la suite de l'événement, l'installation est restée à l'arrêt pour permettre le bon déroulement des expertises avant redémarrage.

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

Au vu des circonstances et du contexte de l'événement, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé l'ouverture d'une enquête le 29 avril 2025.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont rendus sur place le 22 mai 2025 et se sont entretenus avec les représentants des entreprises ExxonMobil et Emerson¹.

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

¹ Fournisseur de l'équipement concerné par l'événement.

III. Contextualisation

III.1 Le site

À la date de l'événement, la plateforme de Port-Jérôme-sur-Seine (76) regroupe des activités de raffinage et de pétrochimie du groupe ExxonMobil.

Les activités de production du groupe ExxonMobil sont alors assurées en France par les sociétés Esso Raffinage qui couvre l'activité du raffinage (producteur, fournisseur et distributeur des produits du raffinage : carburant, lubrifiants, huiles, paraffine et bitume) et ExxonMobil Chemical France (EMCF) qui regroupe toute l'activité chimie (production et vente d'oléfines, d'aromatiques, de fluides, de caoutchouc synthétique, de polyéthylène, de polypropylène, de plastifiants, de bases pour les lubrifiants synthétiques, d'additifs pour les carburants, ...).

Sur près de 700 hectares, la plateforme de Gravenchon regroupe une raffinerie et une usine de fabrication de lubrifiants finis exploitées par Esso Raffinage, ainsi qu'un site pétrochimique exploité par EMCF.

Les produits issus des procédés sont utilisés dans de nombreux domaines d'application : carburants routiers, maritimes ou aviation, lubrifiants, produits de base pour la fabrication d'emballages ou de conditionnements plastiques, matières premières pour l'industrie ou les équipementiers du secteur de l'automobile.

Il convient de noter que fin novembre 2025, North Atlantic France a acquis les actions d'ExxonMobil dans les sociétés Esso Société Anonyme Française et ExxonMobil Chemical France. Cet événement étant survenu à distance de l'incident objet de ce rapport et sans lien avec celui-ci, l'exploitant du site dans le rapport restera désigné par l'appellation ExxonMobil en vigueur au moment de l'événement.



Figure n°1 : Vue du site (crédit EMCF)

Administrativement, compte tenu des procédés employés et des substances stockées, le site relève de la directive Seveso, pour le stockage de matières dangereuses (produits inflammables, toxiques, dangereux pour l'environnement ou réagissant avec l'eau) et de la directive IED relative aux émissions industrielles pour le raffinage et l'activité de fabrication de produits chimiques organiques.

De par son statut Seveso seuil haut, le site dispose d'un plan d'opération interne (POI) qui s'appuie sur une organisation interne de la sécurité et un service interne d'incendie et de secours. Cette organisation vaut pour les deux entités qui exploitent les installations.

III.2 L'unité

L'unité où a eu lieu l'événement est une nouvelle unité appelée Safetriox. Elle a pour objectif de produire du trioxyde de Soufre (SO_3). Aujourd'hui, ce produit est importé et sa fabrication sur le site devrait permettre d'assurer la pérennité de l'unité de sulfonation alimentée en SO_3 . Cette unité sert à la production d'additifs pour les huiles de lubrification moteur.



Figure n°2 : Unité Safetriox (crédit EMCF)

La construction de l'unité s'est achevée en décembre 2024 et la première injection de soufre a eu lieu le 4 avril 2025.

Le SO_3 est corrosif, toxique, et réagit de manière exothermique avec l'eau. Il n'est complètement liquide à pression atmosphérique qu'entre 32°C et 45°C. En dessous de 32°C, il est susceptible de polymériser.

La présence de l'unité Safetriox sur le site contribue à réduire les risques en diminuant la quantité maximale de stockage du site de 100 tonnes à environ 6 tonnes. Ce stockage prend place dans un ballon équipé de divers capteurs (température, pression et niveau) et localisé à l'intérieur d'un bâtiment. La mesure de niveau est réalisée par niveau radar, cet équipement étant redondé (voir schéma de principe ci-dessous).

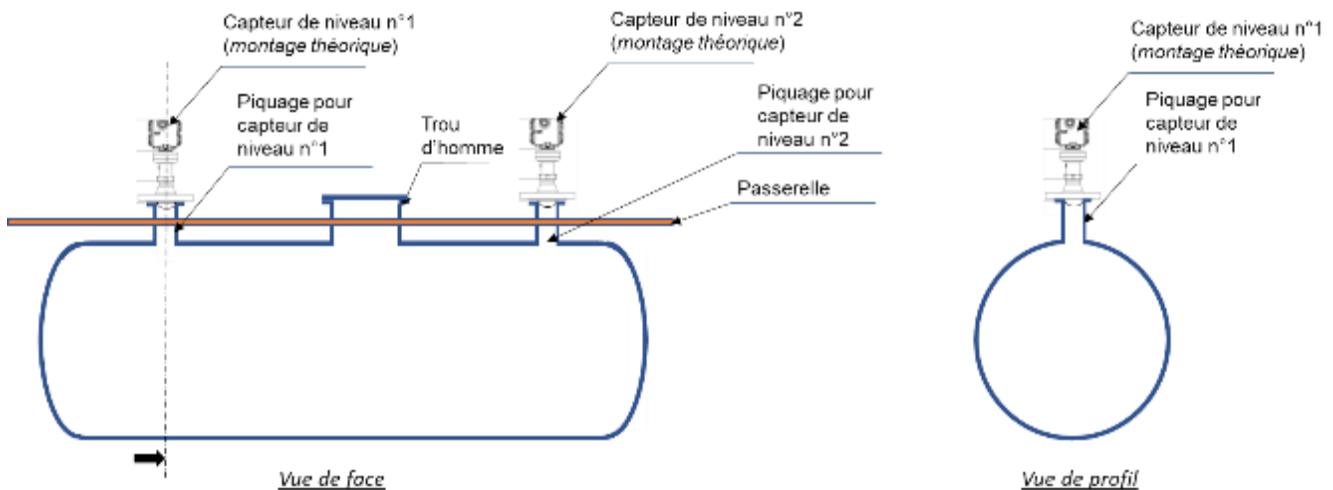


Figure n°3 : Schéma de principe du ballon de stockage (seuls les capteurs de niveau sont représentés)

III.3 Les capteurs de niveau

Compte tenu des spécificités du produit stocké, un capteur de marque Emerson de type radar avec une antenne « Process Seal » déperlante, insensible à la condensation, à la saleté et à l'accumulation a été choisi. Seuls les matériaux non métalliques résistants à la corrosion sont exposés à l'atmosphère de la cuve. L'antenne est encapsulée dans du PTFE² et la forme extérieure de la pièce avec un épaulement permet d'assurer également l'étanchéité entre le produit stocké et l'électronique du capteur.

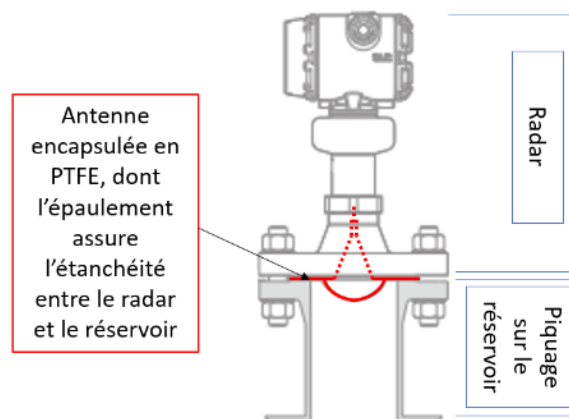


Figure n°4 : Positionnement et forme de l'antenne radar du capteur (source BEA sur base de schéma Emerson)

² Le PTFE, ou polytétrafluoroéthylène, est un polymère fluoré connu pour ses propriétés antiadhésives, sa résistance chimique et sa stabilité thermique.

Le fonctionnement de l'instrument est basé sur un signal à micro-ondes émis à l'intérieur de la cuve et qui se réfléchit sur la surface du produit. Le niveau est calculé à partir de la différence de temps ou de fréquence entre l'envoi et la réception du signal. L'équipement est redondé, deux capteurs de même type sont montés sur le réservoir.

Un raccord permet de démonter le compartiment abritant l'électronique sans retirer l'antenne. La figure n°5 ci-dessous représente le radar équipé de l'antenne.

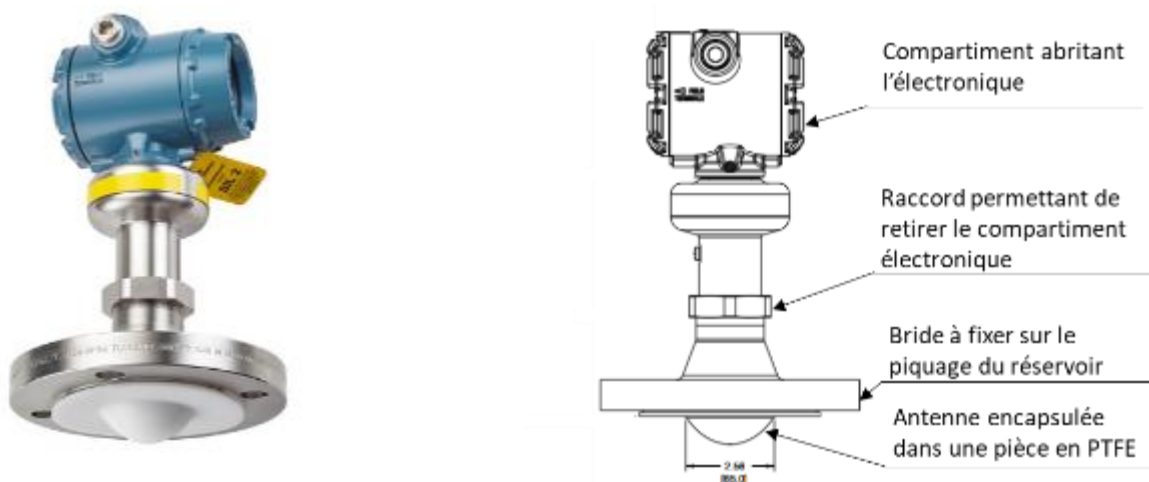


Figure n°5 : Photo et schéma du radar de mesure de niveau (source site Emerson.com)

IV. Déroulement de l'évènement

Les deux capteurs de niveau qui équipent le ballon de stockage de SO_3 ont été commandés en même temps, stockés dans le magasin du site depuis novembre 2022, puis installés le 19 janvier 2024 et n'ont pas été déposés depuis cette date.

Du 10 au 18 mars 2025, le ballon a subi un test de tenue à la pression en azote à froid et le système a été réceptionné. Le 4 avril, l'unité a été démarrée et a fonctionné pendant 1h17, la production de SO_3 a été estimée à 90kg. Du SO_3 était donc présent dans le ballon de stockage à partir de cette date. Le 17 avril, l'unité est démarrée une seconde fois pendant une durée un peu plus longue (2h40), la production de SO_3 est alors estimée à 630 kg.

Un troisième démarrage de l'unité a lieu le 28 avril 2025, elle fonctionnera pendant 5h35 et 1180 kg de SO_3 seront produits.

La production débute à 10h20 et à 12h10 le stockage du SO_3 dans le ballon commence. Mais à 13h30, les capteurs de niveau n'affichent toujours pas d'élévation de niveau. À 15h36, le débit de soufre est donc diminué dans l'objectif de stopper l'unité. Elle est arrêtée à 15h55, le ballon est mis sous balayage d'azote.

À 16h30, un technicien spécialisé du fabricant de l'équipement intervient pour tester l'électronique du capteur de niveau. À 17h05, alors qu'il desserre le raccord permettant de retirer la partie électronique du capteur, une fuite de SO_3 survient. L'alerte est donnée. Le ballon est dépressurisé vers l'absorbeur SO_3 . Le POI est déclenché à 17h10. Il sera dépressurisé à 18h30. La quantité de produit émise, équivalente à un filet de serrage du raccord³, est estimée à moins de 660 g. Le POI est levé vers minuit.

³ Une fuite équivalente à un filet de serrage est une expression technique qui sert à qualifier l'importance d'une fuite en la comparant à la quantité de fluide qui passerait à travers un simple filet de serrage, c'est-à-dire un petit interstice laissé par un serrage insuffisant.

V. Compte-rendu des investigations menées

V.1 Expertise des radars et du piquage

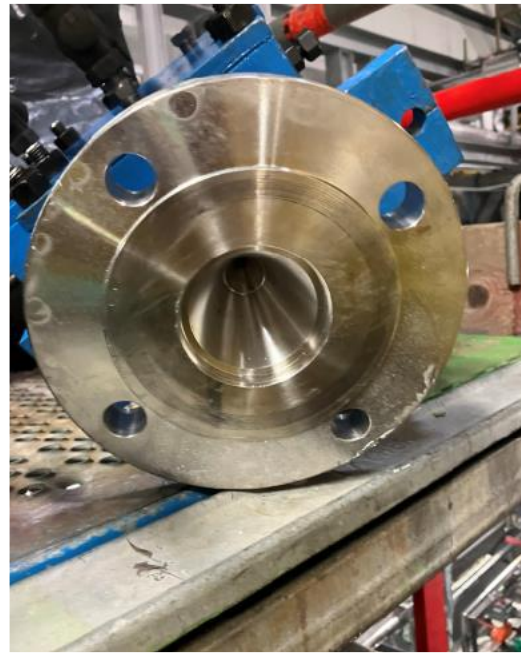
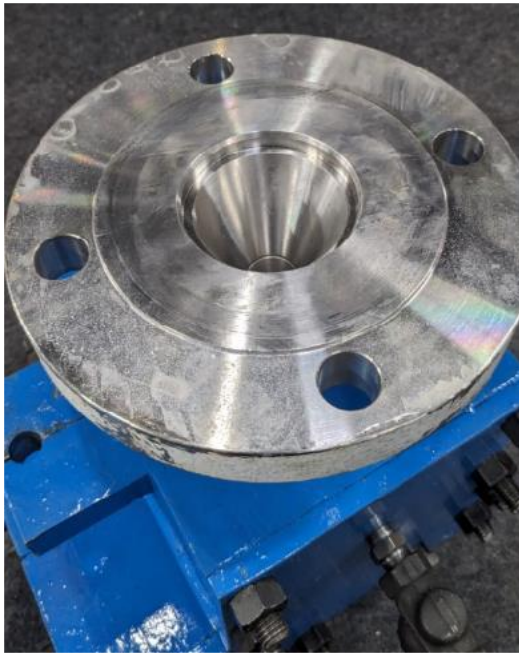
Dans le cadre de la mise en sécurité de l'atelier suite à la perte de confinement, un système d'obturation de fuite est posé sur le capteur (figure n°6). Le dispositif sera retiré pour l'expertise (figure n°7), puis le capteur lui-même sera démonté (figure n°8a). Le deuxième capteur de conception identique sera également expertisé et démonté (figure n°8b).



Figure n°6 : Radar après la pose d'un système d'obturation de fuite (crédit EMCF)



Figure n°7 : Radar fuyard photographié après l'événement (crédit EMCF)



Figures n°8a et 8b : Radars après dépose (crédit EMCF)

Au démontage, il apparaît que l'antenne encapsulée en PTFE de chaque radar est absente.

Un joint plat avait par ailleurs été mis en place compléter l'étanchéité entre le piquage et la bride du radar (non visible sur les figures 8a et 8b), conformément à la procédure de montage en vigueur sur le site.

Un radar complet a été sorti du magasin du site pour permettre de visualiser la pièce manquante (voir figures 9 et 10).

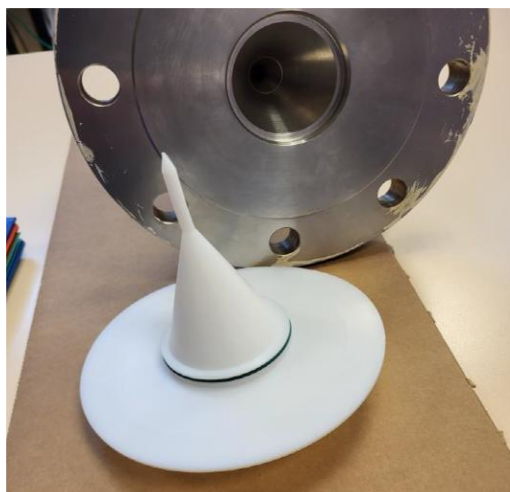


Figure n°9 : Exemple de radar complet démonté (crédit EMCF)



Figure n°10 : Exemple de radar complet monté (crédit EMCF)

Dans le cadre du recueil des témoignages l'apparence de cet équipement a été qualifiée de « pas classique », par des agents qui n'étaient pas spécialisés en instrumentation.

Une fois l'équipement monté, l'absence de radar sur le capteur est difficilement perceptible à cause du joint plat mis en place qui peut avoir la même apparence que l'épaulement de l'antenne. Cette absence n'est pas ailleurs plus visible une fois le calorifugeage posé.

Du côté du piquage, il est apparu après l'évènement, lors des opérations visant à remonter le capteur avec son antenne, que cette opération n'était en fait pas possible. En effet, bien que les dimensions de l'antenne soient clairement définies (type et dimension) et prises en compte dans les documents de conception de l'installation, une modification (réduction du diamètre intérieur) du piquage sur lequel doit se monter la pièce a été introduite pendant le développement de l'installation sans qu'il ne soit identifié à aucun moment que cette modification aurait un impact sur la possibilité de monter les capteurs.

V.2 Une organisation spécifique mise en place pour la construction de l'installation SO_3

Une stratégie de montage « sous condition O_2^4 » a été mise en place pour éviter les risques liés à une éventuelle contamination. Elle repose sur deux principaux piliers ;

- Une équipe dédiée : le personnel intervenant est spécialement formé et reçoit une habilitation à réaliser des travaux « sous conditions O_2 ». Par ailleurs, le choix est fait de retenir une même entreprise pour le montage des différentes tuyauteries et l'installation de l'instrumentation compte tenu de la spécificité de la formation O_2 . Ce sont donc des opérateurs « généralistes » de la tuyauterie qui sont retenus. Ils sont toutefois habitués à installer des équipements classiques d'instrumentation même si ce n'est pas leur domaine de spécialité ;
- Un travail mené en séquences successives et ininterrompues : sortir, débiller le matériel juste avant sa pose et pose du matériel directement à la suite pour garantir l'absence de contamination.

Au démarrage du projet, le ballon de stockage et ses équipements ont été identifiés comme devant relever de la stratégie de « montage sous condition O_2 ». En cours de chantier, il a été analysé que cette contrainte n'était pas indispensable pour cet équipement, mais il a été décidé de poursuivre les travaux

⁴ L'oxygène est un comburant très puissant. En présence d'une source d'inflammation (étincelle, point chaud, friction), il peut provoquer une combustion extrêmement violente et rapide de matériaux qui brûlent normalement lentement, voire qui semblent inertes dans l'air ambiant. Les pièces et équipements en contact avec l'oxygène (vannes, tuyauteries, régulateurs, bouteilles, etc.) doivent être "dégraissés oxygène" car les huiles, graisses et hydrocarbures deviennent des combustibles extrêmement dangereux en atmosphère enrichie en oxygène. Même une trace résiduelle peut s'enflammer spontanément ou exploser au contact de l' O_2 sous pression.

en respectant la stratégie de « montage sous condition O₂ », en considérant que cette stratégie apportait un niveau de qualité supérieure.

Le responsable des équipements instrumentation dédié au projet avait pour pratique d'essayer d'être présent sur tous les montages d'instrumentation. Il était néanmoins retenu sur une autre opération le jour du montage des deux radars de niveau.

V.3 Processus de mise à disposition des équipements pour les monteurs et mise en place des équipements

Différents échanges menés avec les opérateurs intervenant sur le site ont permis de retracer le processus de mise à disposition de ce type d'équipement dans le cadre du projet de construction de l'unité Safetrix :

- L'équipement fait tout d'abord l'objet d'un contrôle qualité et d'un étalonnage avant son départ de l'usine de fabrication (avant novembre 2022) ;
- À l'arrivée sur le site ExxonMobil, la pièce reçue est examinée afin de s'assurer qu'elle correspond bien à la pièce commandée (traçabilité novembre 2022) ;
- Le capteur est entreposé au magasin (entre novembre 2022 et janvier 2024) ;
- Peu avant son montage, l'équipement est déstocké. Un procès-verbal de sortie de matériel est signé et assure la traçabilité du transfert de responsabilité du matériel vers le sous-traitant en charge de sa pose (traçabilité 19 janvier 2024). Les éventuelles spécificités de pose du matériel sont évoquées à ce moment-là ;
- L'équipement est alors mis à disposition des monteurs, accompagné d'une check-list « assemblage critique⁵ », listant notamment différents points de contrôle et fixant les couples de serrage à respecter, ainsi que d'un isométrique de montage⁶. Ces documents n'abordent pas spécifiquement le sujet de l'antenne du radar et ne permettent pas de visualiser la pièce en PTFE encapsulant l'antenne ;
- Pendant la préparation du montage, le sous-traitant identifie à partir des plans isométriques fournis un problème d'inversion entre les références des deux capteurs et leur positionnement sur les piquages. Le responsable instrumentation d'ExxonMobil est appelé. Il vient et confirme le bon positionnement relatif des capteurs à partir des documents et références sans examiner particulièrement les équipements avant leur montage puis repart sur un autre chantier.
- L'opération de montage se fait depuis la passerelle en caillebotis, accessible par une échelle à crinoline et où la place est limitée, ce qui peut contraindre le nombre d'opérateurs présents, la gestion des emballages et l'ergonomie du contrôle (il faut vraiment se baisser fortement pour voir le joint entre la bride du radar et le piquage sur le réservoir) ;

⁵ Un assemblage critique dans l'industrie désigne une opération d'assemblage dont la qualité est déterminante pour la sécurité, la fiabilité ou les performances du produit final.

⁶ Dessin technique en projection isométrique qui représente les composants d'un système et leur agencement dans l'espace

- Un joint plat et des boulons de serrage sont fournis par ExxonMobil en plus des équipements et le montage est réalisé par le sous-traitant (équipe de deux personnes qui monte de nombreuses pièces chaque jour sur le chantier) puis contrôlé par un opérateur ExxonMobil. L'ajout d'un joint plat alors qu'il n'est pas préconisé par Emerson est une pratique classique sur le site.

Il n'a pas été présenté aux enquêteurs d'éléments de traçabilité spécifique pour le montage des équipements. La date du 19 janvier 2024 est retenue par ExxonMobil en considérant que cet équipement a été monté en application de la stratégie de montage « sous condition O₂ » avec une installation suivant immédiatement la prise en charge de l'appareil par le sous-traitant en charge du montage.

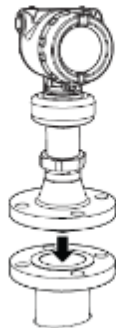
Ni les entretiens, ni les documents disponibles n'ont permis d'identifier avec certitude l'étape lors de laquelle l'antenne encapsulée en PTFE a été retirée de l'équipement.

V.4 Guide technique de l'équipement et spécificité de la pièce encapsulant l'antenne

La documentation technique des transmetteurs de niveau a été consultée par le BEA-RI et elle précise notamment dans le paragraphe relatif à la procédure de montage que le joint PTFE ne doit pas être retiré, éraflé ou endommagé. La pièce est désignée comme un joint en PTFE, et il n'est pas précisé qu'elle contient également l'antenne du radar.

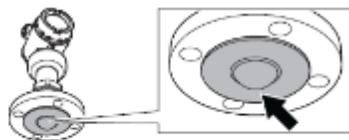
Procédure

1. Insérer le transmetteur dans le piquage.



Remarque

Veiller à ne pas érafler ou endommager le joint en PTFE.



Remarque

Ne pas retirer le joint en PTFE.



Figure n°11 : Extrait du guide de montage référencé « Guide condensé 00825-0503-4408, révision BC Avril 2022 » (crédit Emerson)

Ce sujet n'a pas fait l'objet de discussions spécifiques au moment de la remise de l'équipement à l'équipe de montage.

La précision apportée par le manuel trouve son utilité dans la mesure où les tuyauteries et équipements sont régulièrement livrés avec des caches et protections comme on peut le voir sur les illustrations de la figure 12.

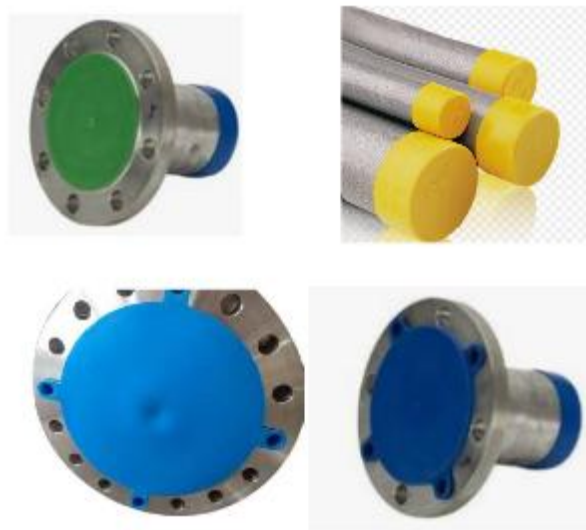


Figure n°12 : Exemples de protections de tuyauteries (source internet)

V.5 Processus d'étalonnage et de mise en service de l'équipement

Un technicien du fournisseur de l'équipement est intervenu après son installation pour procéder à sa mise en service et son paramétrage. L'absence d'antenne ne déclenche pas de signal de défaut particulier et n'a pas été détectée lors de cette étape. À l'issue de l'intervention, le paramétrage n'est pas finalisé car la cuve est vide et la présence de produit est nécessaire pour valider le paramétrage. En parallèle, le fond incurvé de la cuve semble pouvoir justifier le profil des données enregistrées et les données remontées n'alertent pas le technicien sur l'absence de l'antenne du radar. Il n'est pas réalisé de contrôle visuel au niveau de la bride de la bonne mise en place du capteur. Par la suite, la mise en place du calorifugeage a empêché ce simple contrôle visuel.

Lors des deux premiers essais de l'installation, il a été noté par les agents d'ExxonMobil que les capteurs ne remontaient pas d'évolution du niveau. Compte tenu des faibles quantités de produit dans la cuve, l'information n'a pas été considérée comme inquiétante.

Toutefois, le technicien de chez Emerson a été sollicité à nouveau comme prévu lors de la première fabrication avec un volume significatif de produit dans le ballon. Lorsqu'un dysfonctionnement des

capteurs a été rencontré, la possibilité d'une absence de l'antenne ou de sa dégradation n'a pas fait partie des défauts envisagés.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

Les deux capteurs de niveau ont été réceptionnés conformes sur le site, au niveau du magasin, le 5 novembre 2022. Ils sont ensuite restés entreposés jusqu'à leur utilisation. Pour ce faire, ils sont déstockés le 19 janvier 2024. Après un éventuel nettoyage (pas de traçabilité disponible), ils sont mis à disposition des monteurs. Pendant l'opération de montage, des questions se sont posées concernant le positionnement relatif des deux capteurs radar et les opérateurs ont obtenu les réponses à leurs questions. Les pièces ont ensuite été montées et les couples de serrage apposés au montage ont été vérifiés. Le 10 février 2024, un technicien Emerson est intervenu pour procéder au paramétrage des capteurs mais n'a pas pu terminer son opération car le réservoir était vide. Le montage des deux capteurs est validé le 3 juillet 2024.

L'unité est alors mise en fonctionnement de manière progressive. Une première injection a lieu le 4 avril 2025, l'unité fonctionne alors pendant 1h17 et la production de SO_3 est estimée à 90kg. Le produit restera dans la capacité. Un second démarrage est opéré le 17 avril durant 2h40, la production est alors estimée à 630kg. Les capteurs n'enregistrent pas d'évolution de niveau, mais ce résultat n'entraîne pas l'arrêt des essais, car la configuration des équipements n'avait pas été finalisée, et il pouvait s'expliquer par une problématique de configuration à caractériser avec une élévation de niveau plus significative (problème de soudure créant des échos parasites dans les piquages ou réflexion liée à la courbure du fond du ballon avec une faible quantité de produit). Le troisième démarrage a lieu le 28 avril, alors qu'un technicien Emerson est présent, mais après 3 heures de fonctionnement de l'unité, il est constaté que les capteurs n'ont toujours pas enregistré de variation de volume. Un problème de fonctionnement des capteurs est suspecté et l'unité est mise à l'arrêt progressivement.

Une fois l'unité à l'arrêt, le technicien Emerson présent sur place, propose de procéder au démontage de la partie électronique du premier capteur, il revêt les équipements de protection individuels prévus dans ce bâtiment et réalise l'opération sous la supervision d'un personnel d'ExxonMobil. Cette action entraîne une perte de confinement au niveau du raccord desserré compte tenu de l'absence de l'antenne du radar encapsulée dans le joint PTFE censée assurer l'étanchéité en complément de sa fonction primaire de mesure de niveau.

La cause de l'incident est donc liée à un défaut de montage des capteurs de hauteur de fluide. Toutefois, ni les entretiens, ni les documents disponibles n'ont permis d'identifier avec certitude l'étape lors de laquelle l'antenne encapsulée en PTFE a été retirée de l'équipement.

VI.2 Facteurs contributifs

VI.2.1 Nouveau modèle d'équipement

Le modèle de capteur à l'origine de la perte de confinement est utilisé dans l'industrie et est en fonctionnement dans d'autres ateliers du site. Mais ce dernier n'était pas connu du monteur sous-traitant, ni de l'opérateur du site qui a validé le montage.

VI.2.2 Géométrie et apparence atypique du capteur

L'antenne du capteur est par conception encapsulée dans un joint PTFE clipsé dans la partie tubulaire de l'équipement, ce qui peut paraître inhabituel pour un opérateur n'ayant jamais été en présence de ce type d'équipement, surtout si au moment où l'équipement lui est proposé les deux parties ne sont pas assemblées. La couleur, le matériau (PTFE) et la ressemblance avec des protections de tuyauteries classiques peuvent également induire un doute sur la nécessité de clipser / ôter et de monter la pièce. Dans le cadre de l'enquête, le fournisseur de l'équipement a été interrogé et il a précisé que cette conception correspond aux standards actuels du marché et qu'il s'agit d'une géométrie couramment utilisée pour ce type de capteurs.

VI.2.3 Séquencement des tâches

De la spécification du besoin, au montage de l'équipement, de nombreuses étapes et opérateurs se succèdent. La communication entre les entités en charge de chacune des étapes peut être incomplète, chaque entité ayant un niveau d'information et de compétence différent entre les personnels habitués à ce type d'équipement et les autres. Le caractère inhabituel de l'antenne encapsulée pour les opérateurs n'est pas forcément anticipé par les sachants du domaine.

VI.2.4 Spécialisation de l'entreprise sous-traitante

Sur ce site de Port-Jérôme-sur-Seine, les instruments sont en général montés par une entreprise spécialisée dans l'instrumentation. Dans le cadre de ce projet, compte tenu des risques accrus liés à la présence d'O₂⁷, et de la nécessité d'une compatibilité O₂ des différentes pièces, l'exploitant a privilégié la maîtrise du risque O₂ et a confié la mission à l'entreprise en charge de la tuyauterie et déjà agréée O₂.

⁷ L'oxygène est un comburant très puissant. En présence d'une source d'inflammation (étincelle, point chaud, friction), il peut provoquer une combustion extrêmement violente et rapide de matériaux qui brûlent normalement lentement, voire qui semblent inertes dans l'air ambiant. Les pièces et équipements en contact avec l'oxygène (vannes, tuyauteries, régulateurs, bouteilles, etc.) doivent être "dégraissés oxygène" car les huiles, graisses et hydrocarbures deviennent des combustibles extrêmement dangereux en atmosphère enrichie en oxygène. Même une trace résiduelle peut s'enflammer spontanément ou exploser au contact de l'O₂ sous pression.

Cette entreprise était largement compétente pour la tâche qui lui avait été confiée mais moins au fait de l'ensemble des modèles de capteurs existants.

VI.2.5 Une attention focalisée sur le processus O₂

La stratégie de montage « sous condition O₂ » étant perçue comme porteuse d'exigences accrues, était considérée comme apportant un niveau de réalisation des opérations de montage plus sûr que pour un chantier classique.

Pourtant, l'accent mis sur la nécessité d'une parfaite compatibilité O₂, a pu focaliser l'attention des opérateurs sur les exigences associées qui peuvent être considérées comme très contraignantes et induire une certaine pression les incitant à monter plus rapidement (ou sans tarder) les équipements.

VI.2.6 Procédure de mise en service

Dans le cadre de ce projet, un technicien Emerson s'est déplacé sur le site afin de procéder à la configuration du transmetteur. Dans certains cas, il est possible de vérifier en parallèle le fonctionnement du capteur, c'est-à-dire de vérifier si la mesure est correcte, mais ce n'était pas possible dans ce cas-là, il a donc été prévu que l'opérateur revienne lors de la mise en service de la ligne.

Il aurait pu être possible pour le technicien, lors de l'opération de configuration, de vérifier visuellement que les antennes encapsulées étaient bien présentes sur chacun des deux radars, mais cela n'était pas prévu et cela n'a pas été fait. En tout état de cause, la présence d'un joint plat destiné à compléter l'étanchéité aurait complexifié la possibilité de vérifier visuellement la présence des antennes encapsulées. Par la suite, la mise en place du calorifugeage a rendu ce contrôle visuel impossible.

VI.2.7 Choix de la procédure d'intervention sur l'équipement en défaut

L'absence de l'antenne ou son endommagement pouvant créer une fuite vers la partie électronique n'ont pas été envisagés lors de la préparation de l'intervention de diagnostic. Le ballon était alors sous pression avec du produit à l'intérieur.

VI.2.8 Dimensionnement du piquage

Il s'est avéré après l'événement que la pièce en PTFE encapsulant l'antenne du capteur n'aurait pu être montée dans aucun cas car son diamètre était plus important que celui du piquage devant l'accueillir. Cette configuration peut avoir incité un opérateur à retirer l'antenne lors de la préparation du chantier.

VII. Enseignements de sécurité

VII.1 Importance de l'ergonomie et de la prise en compte des notices de montage

Le respect des notices de montage constitue un des piliers fondamentaux de la sécurité dans l'exploitation des sites industriels. Toutefois, une attention particulière doit être portée à l'ergonomie de ces documents qui permettent en premier lieu de garantir la sécurité des monteurs et d'assurer le bon fonctionnement des équipements. Les notices de montage, élaborées par les fabricants sur la base d'études techniques approfondies, renferment des informations critiques concernant les couples de serrage, les séquences d'assemblage, les précautions de manipulation et les procédures de calibrage.

Toutefois, ces documents ne remplissent leur fonction que s'ils sont réellement exploités et adaptés aux opérateurs sur le terrain : ils doivent être rédigés dans un langage clair et accessible, illustrés par des schémas explicites, organisés de manière logique et séquentielle, et disponibles dans un format pratique permettant une consultation aisée dans l'environnement de travail. Une notice trop technique, trop longue, confuse ou difficile à interpréter constitue un obstacle majeur qui peut conduire les monteurs à se reposer sur leur expérience ou se limiter aux instructions souvent partielles transmises par les donneurs d'ordre. Négliger ces aspects peut entraîner des conséquences graves : dysfonctionnement des équipements, perte de confinement, arrêt de production coûteux, voire accidents industriels.

Dans un contexte où la fiabilité des systèmes de mesure conditionne la performance et la sécurité des processus industriels, l'application rigoureuse des consignes de montage associée à la mise à disposition de notices véritablement opérationnelles, dont la prise de connaissance s'articule avec l'ensemble des étapes et consignes liées à la mise en place d'un chantier, s'impose comme une exigence incontournable.

VII.2 Gestion des interfaces : biais cognitif des sachants

Dans le cas de cet événement, les équipes en charge de la conception de l'installation, celles en charge des achats et les spécialistes de l'instrumentation connaissaient le modèle de capteur à monter, mais ils n'ont pas identifié le besoin d'alerter les opérateurs internes et externes en charge du montage sur les caractéristiques de l'équipement et sa géométrie.

De même lors de l'intervention de l'équipementier visant à diagnostiquer la panne, la possibilité qu'une pièce essentielle de l'équipement soit absente ou dégradée n'a pas été envisagée.

L'information aurait pu être transmise lors du déstockage de l'équipement ou via la check-list « assemblage critique » qui liste les points de contrôle et fixe les couples de serrage à respecter. La question du niveau de connaissance des équipements par l'ensemble des intervenants qui auront à les manipuler mérite d'être intégrée à la préparation des opérations.

Dans tout projet industriel, la gestion rigoureuse des interfaces entre les différents acteurs constitue un facteur déterminant de réussite. La multiplicité des intervenants internes ou externes, prestataires principaux, sous-traitants spécialisés, services internes, génère inévitablement des zones de chevauchement où les informations critiques doivent circuler de manière fluide et fiable. Une communication lacunaire à ces interfaces peut engendrer des incompréhensions sur les spécifications techniques, des lacunes dans la transmission des données essentielles, des doublons d'interventions ou au contraire des oublis dans la réalisation de certaines tâches, ainsi qu'une dilution des responsabilités en cas de problème.

VII.3 Gestion des interfaces : gestion des modifications

Dans le cadre du projet de construction de la nouvelle unité Safetrix, la dimension du diamètre intérieur des piquages devant accueillir les deux capteurs de niveau avait été réduite pour intégrer une surépaisseur de corrosion. Cette information a bien été formalisée et intégrée dans la base de données documentaire du projet. L'information y était disponible et accessible conformément au processus en place. Cependant, un défaut de prise en compte de cette information par les différentes parties prenantes a entraîné la non-détection de l'incompatibilité des capteurs commandés avec le nouveau diamètre de piquage empêchant ainsi leur montage en l'état.

L'exigence de communication devient encore plus critique lors de la gestion des modifications en cours de projet. Toute évolution des spécifications, tout changement de planning, toute adaptation technique décidée par l'une des parties doit impérativement être formalisée, validée et diffusée à l'ensemble des acteurs concernés selon un processus de gestion des changements clairement établi.

Sans cette traçabilité et cette diffusion systématique, certains intervenants peuvent continuer à travailler sur la base de données obsolètes, créant ainsi des incohérences coûteuses et dangereuses. Il est donc impératif d'établir, dès le démarrage du projet, des protocoles de communication clairs, définissant précisément qui transmet quoi, à qui, quand et sous quelle forme, ainsi qu'une procédure formelle de gestion des modifications. Les réunions de coordination régulières, les comptes rendus formalisés, les plans de management des interfaces et les outils collaboratifs de gestion documentaire permettent de garantir que chaque acteur dispose en temps voulu des informations nécessaires à la bonne exécution de ses prestations. Seule cette rigueur organisationnelle peut prévenir les incidents qui résultent trop souvent d'une circulation insuffisante ou erronée de l'information entre les maillons de la chaîne de réalisation.

VIII. Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant et du fabricant de l'équipement

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'attention de l'exploitant ExxonMobil :

- S'assurer que l'organisation interne de l'entreprise sécurise suffisamment la prise en compte par l'ensemble des personnes concernées des modifications structurelles notables effectuées en cours de projet ;
- Définir les étapes critiques (en en limitant le nombre au maximum) et mettre en place des procédures de contrôle systématiques à chaque étape critique : vérification de la complétude des équipements à la réception, contrôle visuel avant montage confirmant la présence de tous les composants présents dans la checklist « assemblage critique », identification des cas qui nécessitent un test fonctionnel obligatoire avant démarrage ou mesures compensatoires le cas échéant, et inspection finale avant mise en service. L'utilisation de listes de vérification détaillées, permettrait aux monteurs de s'assurer méthodiquement que chaque élément constitutif est présent et correctement installé. Plus particulièrement, pour les capteurs de type antenne « process seal », considérer la vérification de la présence du joint PTFE/antenne comme une étape à forte criticité : vérification de la complétude et du bon état des équipements à réception, contrôle visuel avant montage confirmant la présence de tous les composants, intégration d'une étape de vérification de la présence du joint PTFE et de son bon état dans la checklist "assemblage critique", analyse de risques et mode opératoire spécifiques en cas d'intervention de maintenance prévue sur ces équipements, inspection avant (re)mise en service pour s'assurer de la présence du joint PTFE/antenne ;
- S'assurer que les notices de montage fournies par les constructeurs définissent des règles de mise en place cohérentes avec celles retenues en conception, les remettre aux opérateurs internes ou externes en charge du montage en leur exposant les écarts éventuels, et plus particulièrement pour ce type de capteurs, compléter les informations à disposition du personnel susceptible d'intervenir sur ce type d'équipements et s'assurer que le caractère atypique de l'antenne encapsulée soit bien porté à l'attention des équipes avant montage (monteurs et opérateurs de supervision) ;
- Renforcer la traçabilité, en documentant photographiquement si c'est possible, les étapes clés du montage, pour permettre à la fois un contrôle qualité et une capacité d'investigation en cas d'intervention sur ces capteurs ;
- Compléter la formation des équipes de montage en y intégrant le retour d'expérience sur l'incident de montage survenu sur les capteurs « antenne process seal », pour leur permettre d'identifier les spécificités d'un équipement et de comprendre son fonctionnement pour être en capacité d'identifier visuellement une anomalie.

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'attention du fabricant de l'équipement Emerson :

- S'assurer que le conditionnement de la pièce met bien en avant de manière explicite le fait que la tête du capteur est partie intégrante de l'équipement. L'objectif étant de rendre impossible l'oubli d'un élément dès le déballage ;
- Intégrer dans les opérations de configuration, lorsqu'elles sont réalisées par l'équipementier ou par les équipes du client, une vérification systématique sans démontage, du montage correct de l'équipement (présence de l'ensemble des pièces) ;
- Formaliser un retour d'expérience collectant systématiquement les incidents de montage rapportés par les clients, analysant leurs causes et intégrant en cas de besoin des enseignements dans l'amélioration continue du produit, de sa documentation et de ses modalités de livraison ;
- Compléter les informations à disposition des techniciens susceptibles d'intervenir sur des défauts de fonctionnement pour qu'ils ajoutent le cas de l'absence de l'antenne à leurs contrôles.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



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

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

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

<https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>