

Unité départementale du Littoral
Rue du Pont de Pierre
CS 60036
59820 GRAVELINES

Gravelines, le 14/07/2023

Rapport de l'Inspection des installations classées

Visite d'inspection du 17/05/2023

Contexte et constats

Publié sur  GÉORISQUES

ARCELORMITTAL FRANCE Dunkerque

Port 3031 - 3031 Rue du Comte Jean
CS 52508
59240 Dunkerque

Références : C:\Users\vincent.deroeux\Downloads\arcelor hf4\

Code AIOT : 0007000956

1) Contexte

Le présent rapport rend compte de l'inspection réalisée le 17/05/2023 dans l'établissement ARCELORMITTAL FRANCE Dunkerque implanté Port 3031 - 3031 Rue du Comte Jean CS 52508 - Grande-Synthe 59240 Dunkerque. Cette partie « Contexte et constats » est publiée sur le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>).

Suite à l'accident du 30 mars 2023, une première visite d'inspection a été réalisé le 31 mars 2023. Cette première visite avait conclu à l'absence de danger et d'urgence à gérer suite à l'accident. Les premières conséquences de l'accident avaient également pu être constatées. Néanmoins, les causes précises de l'accident n'avaient pas pu être évoquées, du fait du manque de recul sur les événements.

Une seconde visite a été réalisée dans le but de présenter l'analyse des causes menée par l'exploitant, et les actions à mettre en œuvre pour redémarrer en sécurité et éviter un accident similaire sur le site.

Les informations relatives à l'établissement sont les suivantes :

- ARCELORMITTAL FRANCE Dunkerque
- Port 3031 - 3031 Rue du Comte Jean CS 52508 - Grande-Synthe 59240 Dunkerque
- Code AIOT : 0007000956
- Régime : Autorisation
- Statut Seveso : Seveso seuil haut
- IED : Oui

Le site d'ARCELORMITTAL FRANCE – Site de Dunkerque – est une usine intégrée à chaud d'élaboration d'acier à partir de minerai et de charbon. Créée au début des années 60 et implantée sur 450 ha, elle emploie environ 3 100 personnes. Elle produit annuellement environ 6,7 millions de tonnes d'acier sous forme de bobines et de brames.

L'établissement comprend trois grands départements de production : Fonte (qui contient lui-même la cokerie, les chaînes d'agglomération et les hauts-fourneaux), Acier et TCC (Train Continu à Chaud).

L'établissement relève de l'autorisation et il est classé SEVESO seuil haut. Le site relève également de la directive IED.

Le site dispose de 3 hauts-fourneaux : HF2; HF3 et HF4. Le HF2 n'est plus utilisé actuellement.

Le HF4, qui a subi un accident le 30 mars 2023, est le plus gros haut-fourneau du site .

Les thèmes de visite retenus sont les suivants :

- Accident

2) Constats

2-1) Introduction

Le respect de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement relève de la responsabilité de l'exploitant. Le contrôle des prescriptions réalisé ne se veut pas exhaustif, mais centré sur les principaux enjeux recensés et à ce titre, ne constitue pas un examen de conformité de l'administration à l'ensemble des dispositions qui sont applicables à l'exploitant. Les constats relevés par l'inspection des installations classées portent sur les installations dans leur état au moment du contrôle.

A chaque point de contrôle est associée une fiche de constat qui comprend notamment les informations suivantes :

- le nom donné au point de contrôle ;
- la référence réglementaire de la prescription contrôlée ;
- si le point de contrôle est la suite d'un contrôle antérieur, les suites retenues lors de la précédente visite ;
- la prescription contrôlée ;
- à l'issue du contrôle :
 - le constat établi par l'inspection des installations classées ;
 - les observations éventuelles ;
 - le type de suites proposées (voir ci-dessous) ;
 - le cas échéant la proposition de suites de l'inspection des installations classées à Monsieur le Préfet; il peut par exemple s'agir d'une lettre de suite préfectorale, d'une

mise en demeure, d'une sanction, d'une levée de suspension, ...

Il existe trois types de suites :

- « avec suites administratives » : les non-conformités relevées conduisent à proposer à Monsieur le Préfet, conformément aux articles L.171-7 et L.171-8 du code de l'environnement, des suites administratives. Dans certains cas, des prescriptions complémentaires peuvent aussi être proposées ;
- « susceptible de suites administratives » : lorsqu'il n'est pas possible en fin d'inspection de statuer sur la conformité, ou pour des faits n'engageant pas la sécurité et dont le retour à la conformité peut être rapide, l'exploitant doit transmettre à l'inspection des installations classées dans un délai court les justificatifs de conformité. Dans le cas contraire, il pourra être proposé à Monsieur le Préfet, conformément aux articles L.171-7 et L.171-8 du code de l'environnement, des suites administratives ;
- « sans suite administrative ».

2-2) Bilan synthétique des fiches de constats

Les fiches de constats disponibles en partie 2-4 fournissent les informations de façon exhaustive pour chaque point de contrôle. Leur synthèse est la suivante :

Les fiches de constats suivantes ne font pas l'objet de propositions de suites administratives :

N°	Point de contrôle	Référence réglementaire	Si le point de contrôle provient d'une <u>précédente</u> inspection : suite(s) qui avai(ent) été donnée(s)	Autre information
1	Accident du HF4 : Analyse des causes, plan d'actions et redémarrage	AP Complémentaire du 04/03/2022, article 2.5.1	/	Sans objet
2	Circuits de refroidissement du HF4	AP Complémentaire du 30/12/2019, article 40.2	/	Sans objet
3	Remise de l'étude de danger	AP Complémentaire du 14/06/2022, article 3	/	Sans objet

2-3) Ce qu'il faut retenir des fiches de constats

Le rapport d'accident et l'analyse des causes ont été réalisés. Des précisions sont attendues de la part de l'exploitant notamment sur un plan d'action permettant d'éviter un accident similaire.

2-4) Fiches de constats

N° 1 : Accident du HF4 : Analyse des causes, plan d'actions et redémarrage

Référence réglementaire : AP Complémentaire du 04/03/2022, article 2.5.1
Thème(s) : Risques accidentels, Accident
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée : L'exploitant est tenu de déclarer dans les meilleurs délais à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de son installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 181-3 du Code de l'environnement. L'exploitant transmet l'information par courriel à la boîte : ud-littoral.dreal-hauts-de-France@developpement-durable.gouv.fr Il met l'inspecteur en charge du suivi en copie. Un rapport d'accident ou, sur demande de l'inspection des installations classées, un rapport d'incident est transmis par l'exploitant à l'inspection des installations classées. Il précise notamment les circonstances et les causes de l'accident ou de l'incident, les effets sur les personnes et l'environnement, les mesures prises ou envisagées pour éviter un accident ou un incident similaire et pour en pallier les effets à moyen ou long terme. Ce rapport est transmis sous 15 jours à l'inspection des installations classées.
Constats: L'exploitant a présenté son analyse des causes en visite d'inspection. L'accident du 30 mars 2023 s'est produit suite à une percée du blindage du haut fourneau. Environ 150 tonnes de matières incandescentes (principalement du coke) se sont épandues au niveau du plancher tuyères puis du plancher de coulée. Par effet thermique, des bardages latéraux et en toiture ainsi que des câbles électriques ont brûlé. L'incendie a duré 6 minutes (voir rapport d'accident en PJ n°1).
Observation n°1 : Il est demandé à l'exploitant de compléter la partie "matières dangereuses ou polluantes impliquées" du rapport d'accident par la mention des rejets de gaz dus à l'ouverture des bleeders. Le haut fourneau n°4 est équipé de 40 tuyères. Chaque tuyère permet d'injecter le vent chaud issus des cowpers afin de permettre la réduction du minerai de fer (oxyde de fer) pour faire de la fonte. Les matières au sein du haut-fourneau se décomposent de la manière suivante (du bas vers le haut) : Fonte (1 500 °C) – Laitiers – Arrivée du vent chaud et coke solide au niveau de l'arrivée d'air chaud par les tuyères (2 100 °C) – Zone de fusion (1 200 °C) – Zone de réduction (600 – 900 °C) – Zone de séchage des matières (300 °C). La paroi d'un haut fourneau est constituée (de l'intérieur vers l'extérieur) : <ul style="list-style-type: none">• Le garni (protection en béton) : Il assure un rôle de protection mécanique pour les staves contre l'abrasion des matières. Le garni se creuse puis se reforme au fil du temps (voir ci-après), ce phénomène est plus important sur le haut de la stave (sortie de refroidissement).• Les staves : C'est le système de refroidissement du blindage de haut fourneau. Une stave représente un rectangle en fonte (pour les staves de rang 1) dans lequel passent cinq tubes échangeurs. De l'eau circule dans ces tubes permettant d'assurer le refroidissement. Le HF4 est composé de 9 rangées de staves. La rangée concernée par l'accident est la n°1 (la plus basse). La rangée n°1 est composée de 40 staves sur sa circonférence, soit 200 tubes échangeurs. Un tube échangeur passe successivement sur l'ensemble des staves des 9 rangées.

- Du béton sur environ 2 cm afin d'assurer la conduction thermique et la bonne adhérence des staves sur le blindage ;
- Le blindage en acier sur environ 8 cm qui constitue la paroi externe du haut fourneau.

La percée du blindage s'est produite à 1 mètre au dessus d'une tuyère, au niveau de la stave de la rangée 1 n°11. A ce niveau, les gaz sont à 2 000 °C (arrivée du vent chaud) et les liquides (fonte en formation) sont à 1 500 °C.

En perçant le blindage, les matières chaudes ont endommagé une descente de vent (alimentation des tuyères en vent chaud).

L'exploitant met en avant au travers de son analyse des causes, les éléments suivants :

→ Les staves de rang 1 sont installées depuis 2001. Elles n'ont pas été remplacées en 2016 car l'expertise n'a pas conduit à la nécessité de remplacer ces staves. En 2016, uniquement les staves des rangées 2, 3 et 4 en cuivre ont été remplacés car celles-ci sont plus sensibles à l'abrasion. Le remplacement des staves de rang 1 était prévu en 2024.

Suite à l'apparition de points chauds, en 2020, la surveillance de la température des staves de rang 1 (8 capteurs sur la circonférence) a été renforcée par l'ajout de thermocouples dans le blindage (1 capteur par staves, soit 40 capteurs). Ces capteurs sont insérés à 2cm de l'extrémité externe du blindage.

La température moyenne sur ce point est de 80 à 90 °C. En visite, l'exploitant considère que la température est anormale si elle dépasse les 150 °C. Par courriel du 12/06/2023, l'exploitant a transmis un extrait de la procédure « Réglage process du haut fourneau 4 – ref : DK-DF-HF4-PR-I-001 ».

La procédure explicite les réactions à entreprendre sur les hausses de températures des staves et des pertes thermiques. Plusieurs actions sont explicitées pour des réactions sur des températures de 250 °C, 300°C et supérieure à 500 °C.

Observation n° 2 : Il convient d'expliciter les différences entre les réactions annoncées en visite (action réalisée dès l'atteinte de la température de 150 °C) et ce que prévoit la procédure.

Ces montées en température sont appelées « points chauds ». Ces phénomènes de points chauds sont des événements récurrents sur l'exploitation d'un haut fourneau. Ces phénomènes de points chauds sont suivis et font l'objet d'indicateurs sur l'état des staves. C'est un phénomène connu et surveillé par l'exploitant.

L'exploitant a notamment présenté les relevés des températures maximales sur chaque stave de rang 1 depuis 2020 et le nombre de dépassements de 150 °C sur les températures des blindages rang 1 entre mai 2020 et mars 2023. Il est apparu plusieurs épisodes avec des fortes températures :

- Un premier épisode à l'été 2020 expliqué par un accident survenu en août 2020 qui a conduit à fonctionner à 3 trous de coulée provoquant un déséquilibre de charges sur le haut fourneau.
- Un second à l'été 2021 suite à un arrêt de l'aciérie impactant le fonctionnement du HF4.

Sur ce second épisode, la stave n°11 a atteint sa température maximale en moyenne sur une heure de 361 °C. Entre octobre 2021 et janvier 2023, il n'est pas apparu beaucoup de points chauds (environ 6 épisodes sur des staves différentes). La stave n°11 a fait l'objet de points chauds en juin 2020, août 2021 et septembre 2021.

→ Ces points chauds sont expliqués par la création de fissures sur la stave dues au contact de la fonte liquide à 1 500 °C. La fonte pénètre dans la stave, jusque la paroi interne du blindage. Celui-ci chauffe et engendre l'apparition de points chauds. En temps normal, le phénomène se comble naturellement. L'eau froide circulant dans les tubes échangeurs de la stave permet de refroidir la fonte liquide, qui se durcit et rebouche la fissure. La température au niveau du blindage diminue et la situation se stabilise. Les fissures se produisent généralement entre deux tubes échangeurs.

En cas de montée trop brutale de la température, un refroidissement par l'extérieur peut être opéré en projetant de l'eau sur la paroi externe du blindage. Cela permet ainsi de « forcer » le refroidissement de la fonte liquide et stabiliser la situation.

→ En fin de campagne, comme actuellement (quelques années avant la réfection), des fuites sur les échangeurs des staves peuvent survenir. Ces fuites sont liées au phénomène de points chauds et d'érosion par la fonte liquide. Le tube échangeur peut aussi subir l'érosion et se fissurer. Ces fuites entraînent la présence d'eau dans le haut-fourneau qui peut gérer des risques. Dans ces cas là, le tube échangeur est obturé au niveau du rang concerné. Depuis 2001, 7 tubes de refroidissement du rang 1 sur les 200 présents tout au long de la circonference du haut fourneau ont été by-passés :

- Un tube by-passé sur la stave n°13 le 10/11/2018 ;
- Un tube by-passé sur la stave n°20 le 01/03/2019 ;
- Un tube by-passé sur la stave n°29 le 10/10/2020 ;
- Un tube by-passé sur la stave n°06 le 18/01/2021 ;
- Un tube by-passé sur la stave n°02 le 27/01/2021 ;
- Un tube by-passé sur la stave n°24 le 14/10/2021 ;
- Un tube by-passé sur **la stave n°11** le 08/03/2023.

Les standards groupe prévoient la mise en place d'un refroidissement externe en cas de by-pass de deux tubes suite à des fuites sur la même stave.

Bien que la situation ne soit pas arrivée sur le HF4 sur la période 2001-2023, l'exploitant a mis en place un refroidissement externe en avril 2021 sur la stave n°13 (première stave avec un tube échangeur fuyard en 2018) suite à la recrudescence de fuites sur les tubes échangeurs en fin d'année 2020-début d'année 2021 (3 fuites très rapprochées temporellement).

→ Les premières staves démontées suite à l'accident de mars 2023 montrent, selon l'exploitant, un état d'usure cohérent avec l'âge des staves, installées en 2001. Celle-ci laissent apparaître des pertes de matière sur la partie supérieure de la stave. Notamment, l'eau arrive du bas des tubes échangeurs. L'eau sur les parties supérieures de la stave est donc plus chaude, et le refroidissement est moins performant sur cette partie. Au niveau groupe, l'état des staves est également apprécié par rapport au nombre et à la répartition des tubes d'eau en service. Au moment de l'accident, la situation était de 193 tubes en service sur 200 disponibles. Avant la réfection de 2016, la situation était de 200 tubes en service sur 200 disponibles.

→ Le garni assure la protection mécanique des staves. Il se forme à partir des matières qui transiennent dans le haut-fourneau. Cette couche protectrice peut être déstabilisée :

- Par les marches discontinues (arrêt et redémarrage du haut fourneau)
- Par des variations process générant un phénomène d'augmentation de la rétention de liquide : sur des marches perturbées des trous de coulée, le niveau de liquide dans le haut-fourneau peut monter. Cela entraîne un niveau de liquide à proximité des tuyères. L'envoi de vent chaud dans le haut-fourneau se retrouve dans un régime turbulent. Ce vent chaud épouse les parois internes du haut fourneau et altère le garni.

Ainsi, les perturbations de process peuvent déstabiliser les garnis réduisant temporairement la protection des staves (avant la reconstitution), laissant apparaître des points chauds au niveau du blindage.

Sur la période du mois de mars 2023, plusieurs événements sont venus perturber le haut-fourneau n°4 (arrêt acierie générant un ralentissement du HF4, arrêt programmé, problème sur l'alimentation en matière du HF4).

→ Le jour de l'accident, la marche du haut-fourneau engendre une montée de liquide (double coulée sur le trou TC41). Cela entraîne une augmentation de la température au niveau de la stave n°11. Elle atteint le seuil de 150 °C à partir de 11h50. Une alarme se déclenche en salle de contrôle.

Lors de la prise de poste à 13h, l'opérateur constate la température élevée sur la stave n°11. Il envoie un opérateur pour un contrôle sur place. Le contrôle sur place, réalisé à 13h20, ne met pas en

avant de problématiques particulières (pas de point rouge ni de bruit de fuite particulier). Au vu des graphiques présentés, la température, à ce moment là, est d'environ 210°C au niveau du blindage. La température monte brutalement à partir de 13h45 augmentant de plusieurs dizaines de degrés en l'espace de quelques minutes jusqu'à la percée du blindage (température supérieure à 600 °C).

En conclusion, l'analyse des causes menée par l'exploitant met en avant :

- Suite aux épisodes de points chauds sur la stave n°11, celle-ci s'est retrouvée avec des fissures comblées « naturellement » par la matière solidifiée grâce au refroidissement ;
- Un tube échangeur a été obturé suite à la fuite de celui-ci, le 08/03/2023 ;
- La marche dégradée du HF4 sur le mois de mars 2023 a conduit à la dégradation du garni accentuant le phénomène de points chauds ;
- Les matières solidifiées déjà présentes dans les fissures du stave 11 se sont retrouvées refondues par la perte de refroidissement et un nouveau passage s'est produit sans possibilité de reformer la matière ;
- L'alarme sur température supérieure à 150 °C a donné lieu à un contrôle sur place sans déceler d'anomalie.

Lors de la visite du 17 mai, les travaux de réparation du HF4 étaient toujours en cours. L'inspection a constaté :

- Les travaux de recablage étaient toujours en cours ;
- La toiture a été entièrement enlevée. Des éléments de charpente allaient être remplacés.
- Le haut-fourneau avait été vidé. Des opérations pour enlever l'ensemble du garni étaient en cours.

L'exploitant a indiqué que l'ensemble des staves de rang 1 allait être remplacées par des staves neuves avant le redémarrage. Les opérations de redémarrage sont apparues complexes, notamment par la présence de fonte solidifiée dans le fond du haut-fourneau. Celui-ci doit être préalablement chauffé pour que la fonde puisse être évacuée. Un test de mise en pression doit également être effectué. Il est prévu que la montée en température soit réalisée progressivement.

Observation n° 3 : Il est attendu la réalisation d'un mode opératoire décrivant les opérations de redémarrage. Celui-ci sera transmis à l'inspection sous 15 jours à réception du rapport d'inspection.

Avis et remarques de l'inspection des installations classées :

L'analyse des **causes** technique apparaît complète. Le cheminement des événements préalablement à la percée de blindage est cohérent. Il convient maintenant de s'interroger sur les causes racines organisationnelles qui peuvent expliquer les causes techniques. Notamment l'inspection s'interroge sur plusieurs points :

- La réactivité en cas de montée en température : Le seuil de température de 150 °C a été dépassé à 11h50 et le contrôle visuel a été réalisé à 13h20 suite au changement de poste.
- La pertinence du contrôle réalisé : Celui-ci a consisté à un contrôle visuel. Les températures mises en jeu au moment du contrôle (environ 210 °C) ne permettent pas de détecter de points rouges sur le blindage du hauts-fourneaux ;
- Les différences entre la consigne d'actions à 150 °C, mise en avant en visite par l'exploitant et la procédure « Réglage process du haut fourneau 4 – ref : DK-DF-HF4-PR-I-001 » qui prévoit des actions de ralentissement du haut-fourneau à partir d'une température de 250 °C.

Les actions pour redémarrer en sécurité sont prévues (remplacement de l'ensemble des staves de rang 1, remise en état des câbles électriques, de la halle et du plancher de coulée). Cependant,

aucun plan d'action pour éviter un accident similaire sur le HF4 ou le HF3 (toujours en fonctionnement mais pour lequel le même phénomène peut se produire) n'a été transmis à l'inspection des installations classées.

Une réponse aux remarques de l'inspection et un plan d'actions pour éviter un accident similaire sont à joindre dans un délai d'un mois.

Type de suites proposées : Sans suite

Proposition de suites : Sans objet

N° 2 : Circuits de refroidissement du HF4

Référence réglementaire : AP Complémentaire du 30/12/2019, article 40.2
Thème(s) : Risques accidentels, Maintenance du HF4
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée :
40.2. - L'exploitant prend toutes les dispositions nécessaires pour éviter l'introduction d'eau dans le haut fourneau. En particulier, les dispositions suivantes sont respectées : <ul style="list-style-type: none">• les circuits de refroidissement associés à l'installation (notamment refroidissement des tuyères et du blindage) font l'objet d'une maintenance préventive et d'un plan de surveillance formalisés ; ils sont équipés de dispositifs de détection de fuite et de détection de défaut d'approvisionnement en eau ;• une mesure permanente, au niveau de la récupération du gaz de haut fourneau, de la concentration en hydrogène est réalisée afin de détecter toute augmentation anormale de cette concentration. La détection d'une anomalie doit entraîner une recherche de l'origine de l'anomalie détectée et la mise en œuvre d'actions définies par consigne selon les résultats de cette recherche.
Constats : Lors de la visite d'inspection, il est apparu que le système de refroidissement du blindage au travers des staves ne peut faire l'objet de remplacement préventif. En effet, les staves sont accessibles uniquement depuis l'intérieur du haut-fourneau. La maintenance des staves ne se fait que lors des opérations de réfection avec le HF4 à l'arrêt. Lors de ces réfections, des analyses et des expertises conduisent à définir les staves qui sont à remplacer. En 2016, cela a conduit à remplacer les staves des rangs 2, 3 et 4 car ces staves sont en cuivre et sont plus sensibles à l'abrasion. Le remplacement des staves de rang 1 était prévu pour la réfection de 2024. L'exploitant va remplacer l'ensemble des staves de rang 1 préalablement au redémarrage prévu pour juillet 2023. Par ailleurs, ces staves vont quand même être remplacées lors de la réfection de 2024 par des staves d'une nouvelle technologie. Les opérations qui peuvent être réalisées en marche sont la reprise de soudure pour refaire les liens entre deux staves. L'exploitant assure un suivi des fuites sur ses staves. Pour cela, l'exploitant suit le niveau d'eau de la bâche alimentant les tubes échangeurs. En cas d'appoint anormal, l'exploitant sait qu'une fuite est présente. L'exploitant dispose d'une procédure (ref : DK-DF-HF-GE-I-042) associé à un mode opératoire sur la recherche de fuites. Plusieurs raisons peuvent expliquer la baisse du niveau d'eau de la bâche dont une percée sur la ligne de staves. Ce mode opératoire est complété avec les actions à mettre en œuvre en cas de détection d'une ligne percée. Le mode opératoire prévoit notamment l'arrêt du haut-fourneau concerné et les opérations de réparation. Ce mode opératoire n'appelle pas de remarque de la part de l'inspection des installations classées.
Type de suites proposées : Sans suite
Proposition de suites : Sans objet

N° 3 : Remise de l'étude de dangers

Référence réglementaire : AP Complémentaire du 14/06/2022, article 3
Thème(s) : Risques accidentels, Etude de dangers
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée : L'exploitant révise son étude de dangers sous neuf mois à compter de la notification du présent, et sur la base de l'événement survenu le 20 novembre 2020 entraînant l'explosion d'un dégoudronneur sur son unité de traitement de gaz de cokerie.
Constats : Par courriel du 28/06/2023, l'exploitant a transmis la notice de réexamen de son étude de danger.
Observation n° 4 : Au vu du montant des dégâts de l'événement du 30 mars 2023, des compléments seront demandés pour prendre en compte cet événement. Les précisions à apporter à l'étude de dangers sont classées dans les constats confidentiels.
Type de suites proposées : Sans suite
Proposition de suites : Sans objet