

Rapport d'enquête

Sur l'incendie de four industriel de
production d'acier survenu au sein
de la société Aciéries et Laminoirs
de Paris (ALPA) sur la commune de
Porcheville (78) le 19 octobre 2024

Bordereau documentaire

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

Titre du document : rapport d'enquête sur l'incendie de four industriel de production d'acier à béton survenu au sein de la société Aciéries et Laminoirs de Paris (ALPA) sur la commune de Porcheville (78) le 19 octobre 2024

N° : MTE-BEARI-2025-006

Date du rapport : 29/07/2025

Proposition de mots-clés : Incendie, ferraille, four électrique, bélier, acier, réfractaire.

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 samedi 19 octobre 2024 vers 17h20, alors qu'une coulée était en cours dans un four électrique industriel de production d'acier à béton au sein de l'usine "Aciéries et laminiers de Paris" à Porcheville (78), un incendie survient suite à une percée du revêtement réfractaire interne du four.

A l'arrivée des premiers engins sur le site, le feu est déjà partiellement maîtrisé par les personnels de l'entreprise. L'incendie sera totalement maîtrisé à 18h50 et une surveillance sera mise en place par les pompiers afin d'éviter toute éventuelle reprise de feu.

Au terme de l'enquête, le BEA-RI confirme que l'incendie a été provoqué par une fuite de four consécutive à une détérioration de la protection thermique assurée par les briques réfractaires. L'hypothèse la plus probable est que cette détérioration ait été provoquée par déplacement accidentel de la protection thermique sous l'effet de la poussée du bélier.

A l'issue de cette enquête, le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'exploitant :

- Compléter le réseau de capteurs de température dans certaines zones périphériques du four pour améliorer la détection d'une détérioration progressive du réfractaire ;
- Apporter des évolutions au fonctionnement du chariot poussoir pour éviter qu'il puisse endommager à nouveau les cooling blocks (modification du design de la tête du bélier, bridage de la force de poussée de la tête pour faire en sorte qu'elle ne soit pas susceptible de désolidariser les cooling-blocks, ...)
- En cas d'impossibilité, prévoir dans la procédure d'utilisation du bélier une vigilance particulière lorsque la force de poussée dépasse un seuil susceptible d'être critique si elle s'applique sur les cooling-blocks ;
- Réexaminer la position et le dimensionnement des murs de la fosse à laitier pour limiter le risque de vidange du four dans des zones où se trouvent les utilités. A défaut, conduire une réflexion sur la protection des utilités, en intégrant l'agression par rayonnement thermique.

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.....	7
II.3	Les mesures prises après l'accident	7
II.4	L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	8
III.	Contextualisation.....	8
III.1	Présentation du groupe	8
III.2	Le site ALPA de Porcheville	9
III.2.1	<i>Présentation du site</i>	9
III.2.2	<i>Présentation du procédé</i>	10
III.2.3	<i>Présentation du four</i>	11
III.2.4	<i>L'usure des briques réfractaires dans le temps</i>	17
IV.	Déroulement de l'évènement	18
IV.1	Déclenchement de l'évènement	18
IV.2	L'intervention des secours publics	19
V.	Compte-rendu des investigations menées	20
V.1	Reconnaissance de terrain.....	20
V.1.1	<i>L'interprétation des relevés de températures</i>	20
V.1.2	<i>L'état et le suivi des briques réfractaires</i>	22
V.1.3	<i>L'interdiction d'accès au four en fonctionnement</i>	23
V.1.4	<i>La localisation du point de fuite</i>	23
V.1.5	<i>Les impacts de la fuite</i>	23
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	24
VI.1	Scénario.....	24
VI.2	Facteurs contributifs	25
VI.2.1	<i>L'absence de mesure de la température de la zone où s'est produite la fuite</i>	25
VI.2.2	<i>L'absence de protection physique des flexibles et tuyauteries</i>	26
VI.2.3	<i>Les procédures d'exploitation</i>	26
VI.2.4	<i>Procédure en cas d'incendie</i>	26
VI.2.5	<i>La présence de l'ensemble des corps de métier sur site</i>	26
VII.	Enseignement de sécurité	27
VII.1	Dégradation de la protection thermique par l'utilisation du béliet.....	27
VIII.	Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant	27

Rapport d'enquête

Sur l'incendie de four industriel de production d'acier survenu au sein de la société Aciéries et Laminoirs de Paris (ALPA) sur la commune de Porcheville (78) le 19 octobre 2024

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. 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 samedi 19 octobre 2024 vers 17h20, alors qu'une coulée était en cours dans un four électrique industriel de production d'acier à béton au sein de l'usine "Aciéries et laminoirs de Paris" à Porcheville (78), un incendie survient suite à une percée du revêtement réfractaire interne du four.

La fuite de 6 tonnes d'acier en fusion au niveau d'un four électrique d'une capacité de 90 tonnes a propagé l'incendie aux flexibles du système hydraulique de manœuvre du four. L'écoulement accidentel de l'acier en fusion s'est répandu au niveau inférieur du four électrique.

L'action rapide des équipes de première intervention de l'usine a permis de limiter la propagation avec l'établissement de lances à incendie.

L'écoulement accidentel d'acier a été stoppé à 17h55 suite à la vidange de 24 tonnes d'acier dans la poche. Le POI a été déclenché par le chef d'établissement à 18h00.

L'intervention sera clôturée vers 23h40 au départ des sapeurs-pompiers.

Les activités situées dans le bâtiment concerné ont été arrêtées le temps du refroidissement naturel du four et des travaux de remise en état.



Photographie 1 : Vue du site ALPA Porcheville

II.2 Le bilan de l'accident

L'incendie n'a provoqué aucune conséquence humaine ou environnementale, le site étant sur dalle étanche. Il a été circonscrit à la "salle du four".

Les équipements touchés par l'incendie (le four, les flexibles alimentant le four en utilités) ont été arrêtés durant un mois environ, le temps de la remise en état de ces derniers.

Les déchets liés aux eaux d'extinction, les boues et flexibles du réseau hydraulique endommagés ont été collectés par un prestataire extérieur.

II.3 Les mesures prises après l'accident

La zone a été sécurisée et après refroidissement du four, l'exploitant a procédé au nettoyage de la zone de la fuite (évacuation de l'acier et des briques réfractaires impactées) et à la réparation du four, avant de maçonner à nouveau les couches de briques de sécurité et d'usure. Ces travaux ont été réalisés par les équipes internes de l'usine qui possède l'ensemble des corps de métiers (maçons, soudeurs, etc).

L'acier refroidi restant dans le four a été à nouveau fondu une fois les réparations réalisées afin de le retirer du four.

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 de l'ouverture d'une enquête technique.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont donc rendus sur site le lundi 4 novembre 2024 afin de procéder aux premières investigations au sein du bâtiment impliqué.

Ils ont recueilli les témoignages et les déclarations 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 Présentation du groupe

La société « Aciéries et Laminoirs de Paris (ALPA) » est une filiale du groupe RIVA, opérateur sidérurgique italien et l'un des principaux groupes sidérurgiques européens. Fondé en 1954, le groupe emploie plus de 5 400 personnes réparties sur ses différents sites.

Il dispose de sites de production répartis dans six pays : Italie, France, Allemagne, Belgique, Espagne et Canada. En 2022, la production d'acier du groupe s'élevait à 5,7 millions de tonnes.

Le Groupe RIVA dessert divers secteurs, tels que la mécanique, l'automobile et le terrassement. Il produit également des aciers étirés, pelés et rectifiés à partir de ferrailles recyclées.

En France, le groupe RIVA possède plusieurs sites de production ainsi que le groupe Trentetris, filiale spécialisée dans la collecte et le recyclage de matériaux ferreux et non ferreux, qui collecte environ 500 000 tonnes de ferrailles chaque année destinées aux sites de transformation du groupe tel qu'ALPA. Les filiales du groupe recyclent chaque année près 2,2 millions de tonnes de ferrailles.

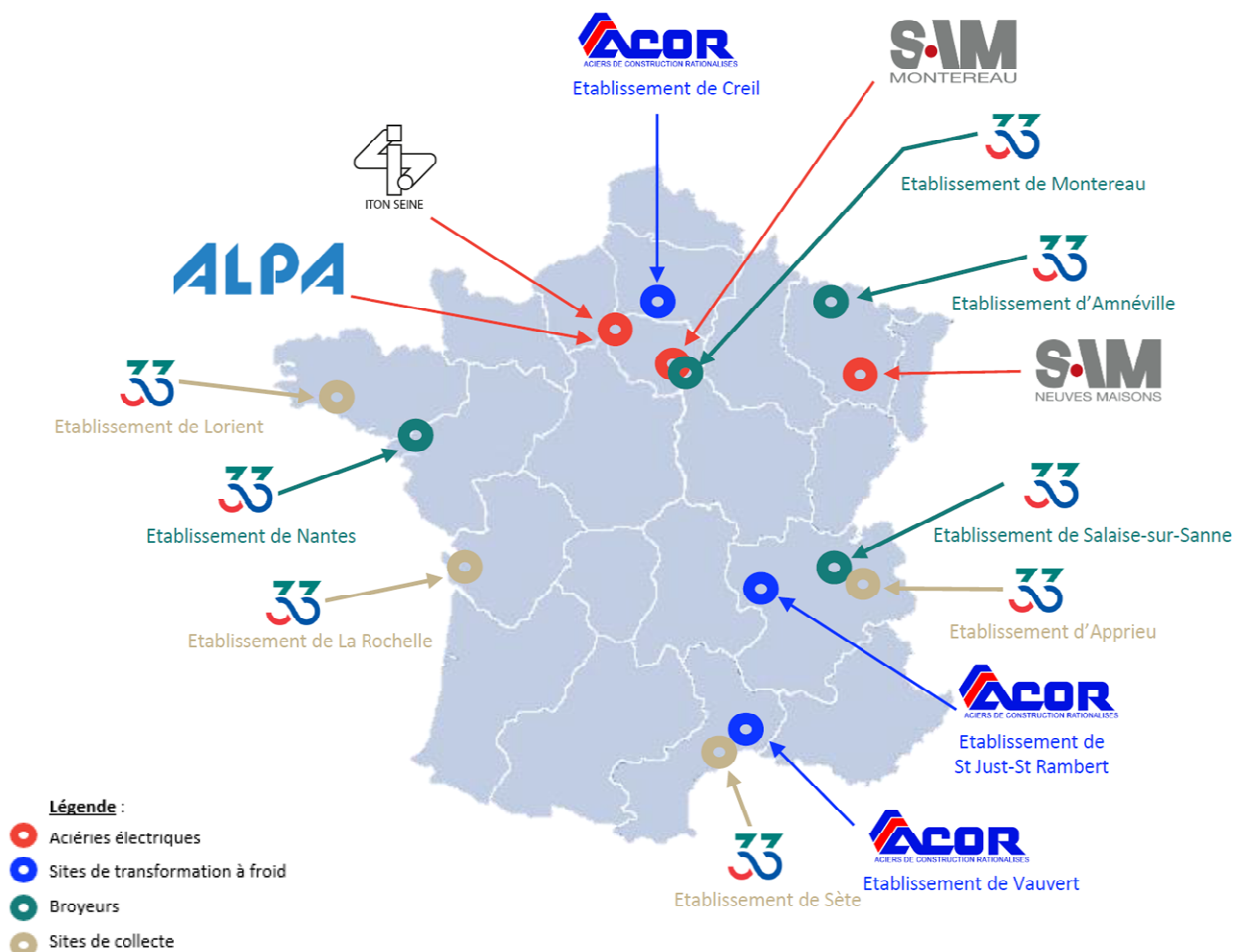


Figure 1 : Présentation des différents sites du groupe RIVA (Crédit ALPA)

III.2 Le site ALPA de Porcheville

III.2.1 Présentation du site

Le site ALPA situé à Porcheville dans les Yvelines, a été créé dans les années 70. Il est spécialisé dans la production de ronds à béton de 16 à 40 mm de diamètre, destinés à des marchés nationaux européens et internationaux. L'usine dispose d'une autorisation de production supérieure à 110 tonnes/heure, pour un maximum de 700 000 t/an.

L'usine emploie environ 270 salariés et fonctionne en 3x8.

Elle est implantée sur un terrain de 150 000 m² dans la zone industrielle de Limay-Porcheville, à proximité de la Seine, facilitant ainsi le transport fluvial.

En 1988, le groupe sidérurgiste italien RIVA a acquis une participation majoritaire dans ALPA.

III.2.2 Présentation du procédé

La production d'acier par four électrique à arc (EAF, Electric Arc Furnace) est une méthode moderne et flexible qui repose sur la fusion de ferrailles métalliques à l'aide d'un puissant arc électrique. Contrairement aux hauts fourneaux qui utilisent le minerai de fer et du coke, cette méthode est plus écologique et économe en énergie.

Cependant, de manière générale, ce type d'activité est particulièrement consommatrice d'électricité. L'entreprise RIVA Aciers figure parmi les entreprises électro-intensives.

Les étapes du procédé sont les suivantes :

1. **Chargement des ferrailles recyclées** : il s'agit de ferrailles broyées, de ferrailles neuves et de ferrailles industrielles. Deux paniers constituent la coulée, un premier d'environ 55t et un second d'environ 42t.
2. **Fusion** : de puissantes électrodes en graphite génèrent un arc électrique (entre 15 000 et 20 000°C), qui fait fondre les ferrailles. La fusion dure en moyenne 50 minutes.
3. **Affinage et désoxydation** : l'étape consiste en l'ajout de chaux (CaO) pour éliminer les impuretés sous forme de laitier et en l'injection de gaz (oxygène) pour améliorer la pureté.
4. **Coulée de l'acier liquide** : l'acier est coulé dans des poches pour ensuite être transformé sous forme de billettes puis de fer à béton.

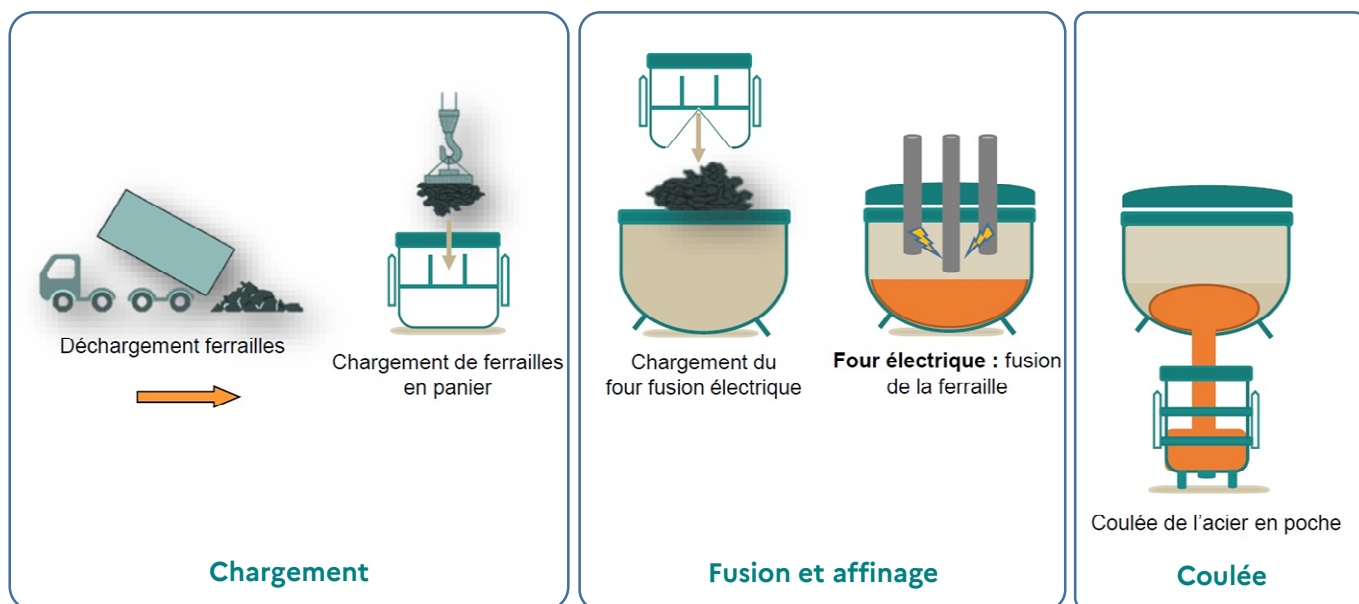
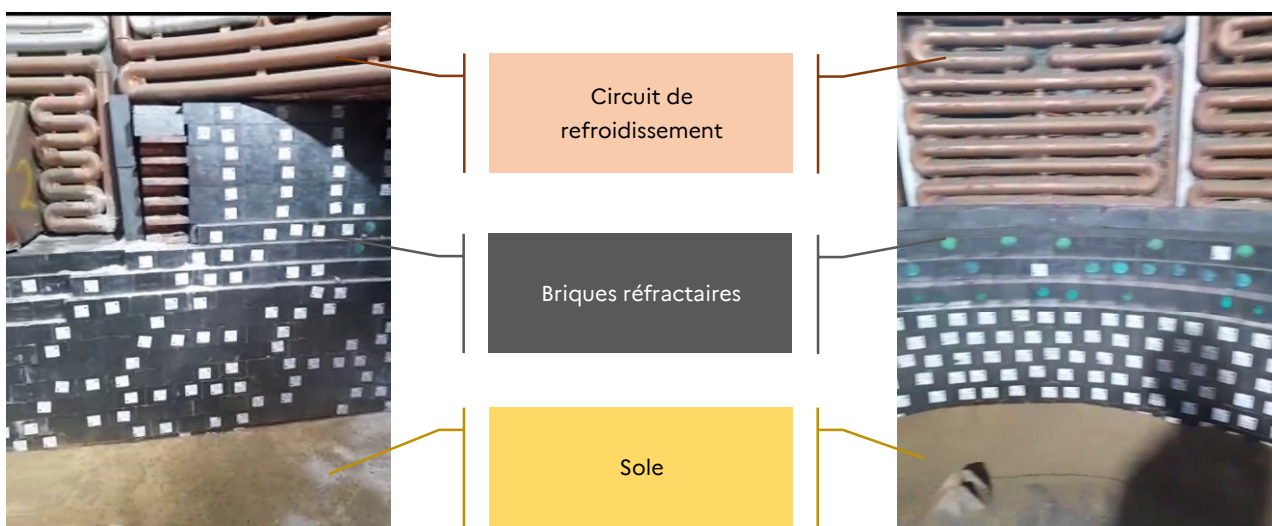


Figure 2 : Etapes du procédé

III.2.3 Présentation du four

De manière assez simplifiée, le four à arc électrique se compose des éléments suivants :

- La **cuve** : elle est constituée d'une enveloppe métallique qui lui confère sa tenue mécanique. Pour éviter qu'elle ne fonde au contact de l'acier en fusion, des matériaux réfractaires sont utilisés pour résister aux hautes températures de l'acier et des arcs électriques. Ces matériaux sont constitués de magnésie ou de magnésie carbone. En fonctionnement normal, ces réfractaires s'usent notamment au contact du laitier ou sous l'effet des forces de friction avec les ferrailles lors de leur apport dans la cuve. C'est pour cette raison que dans le cas du four d'ALPA, les réfractaires sont placées sur deux couches, la couche supérieure au contact de l'acier étant appelé la couche d'usure et la couche inférieure est appelée couche de sécurité. La partie supérieure de la cuve est constituée de panneaux tubulaires refroidis. Ces panneaux sont soit en tube d'acier, soit en tube cuivre. Les tuyaux sont alimentés en eau à hauts débits pour assurer le refroidissement des tubes.



Photographie 2 : vues de l'intérieur du four avant fusion.

- La **voûte** désigne le "couvercle" qui vient couvrir la cuve en vue de l'étape de fusion. Elle comprend également le porte électrodes. Dans le cas du four d'ALPA, cette partie est amovible et vient couvrir la cuve une fois que les ferrailles à fondre y ont été déposées.

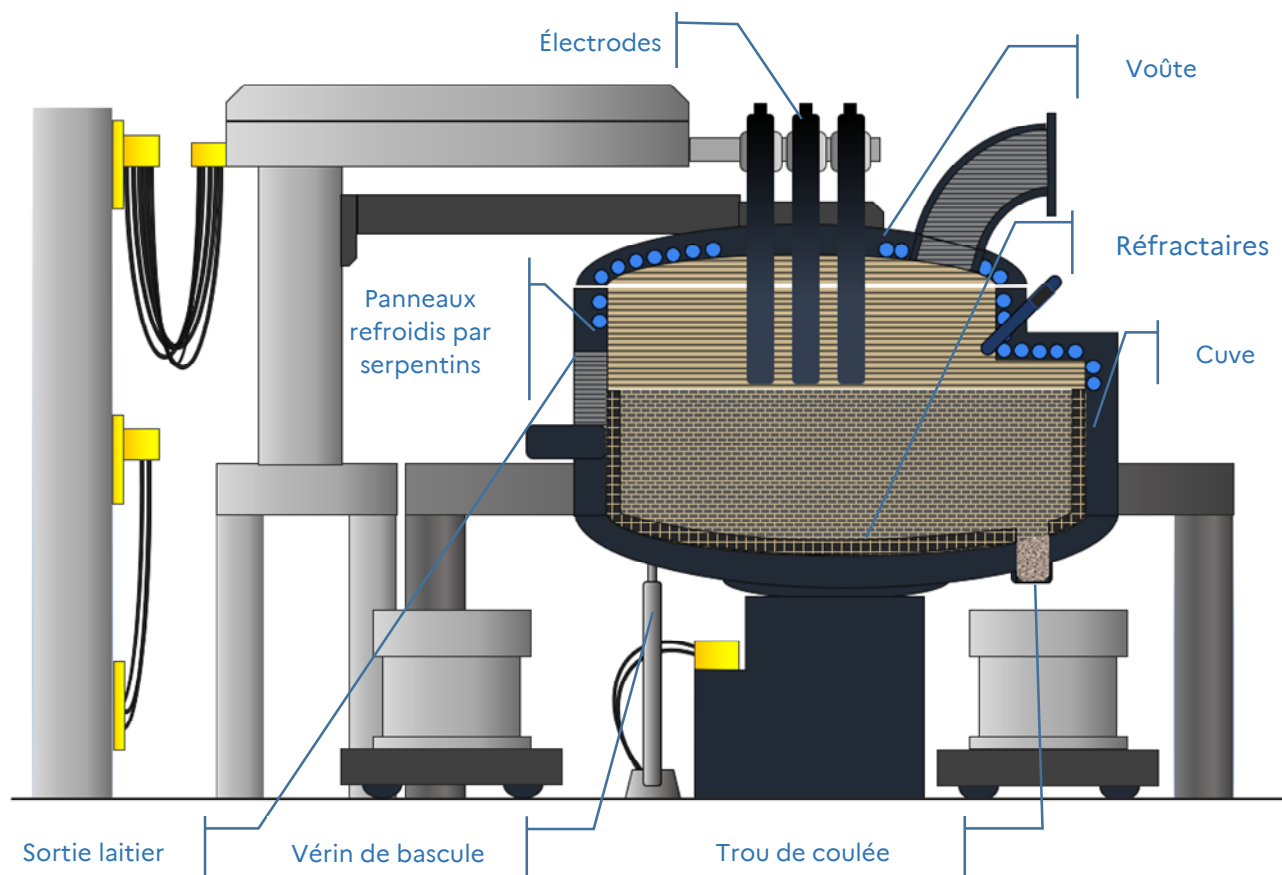
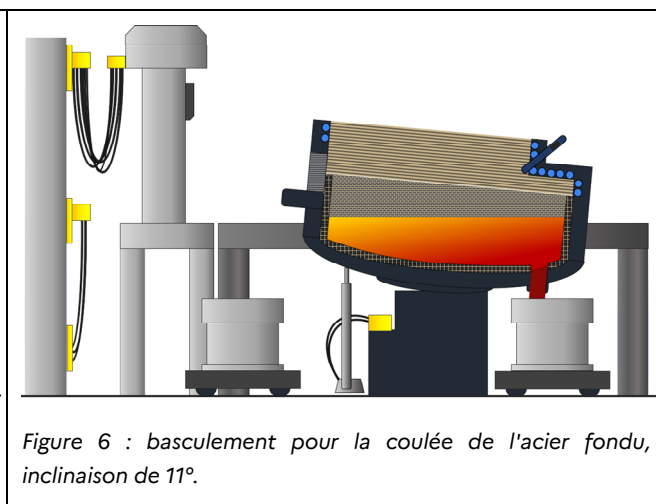
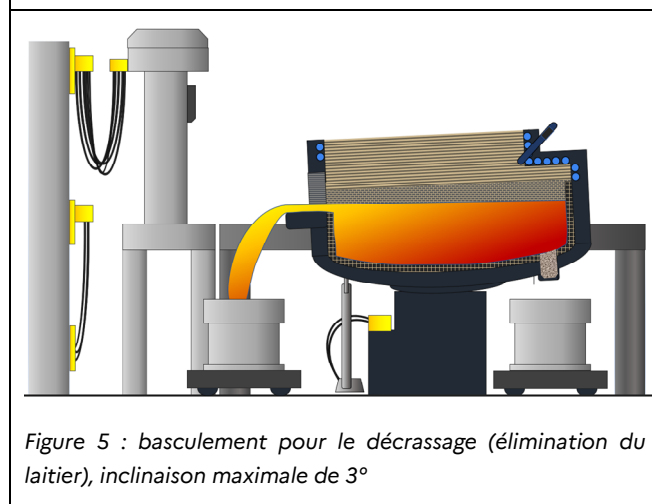
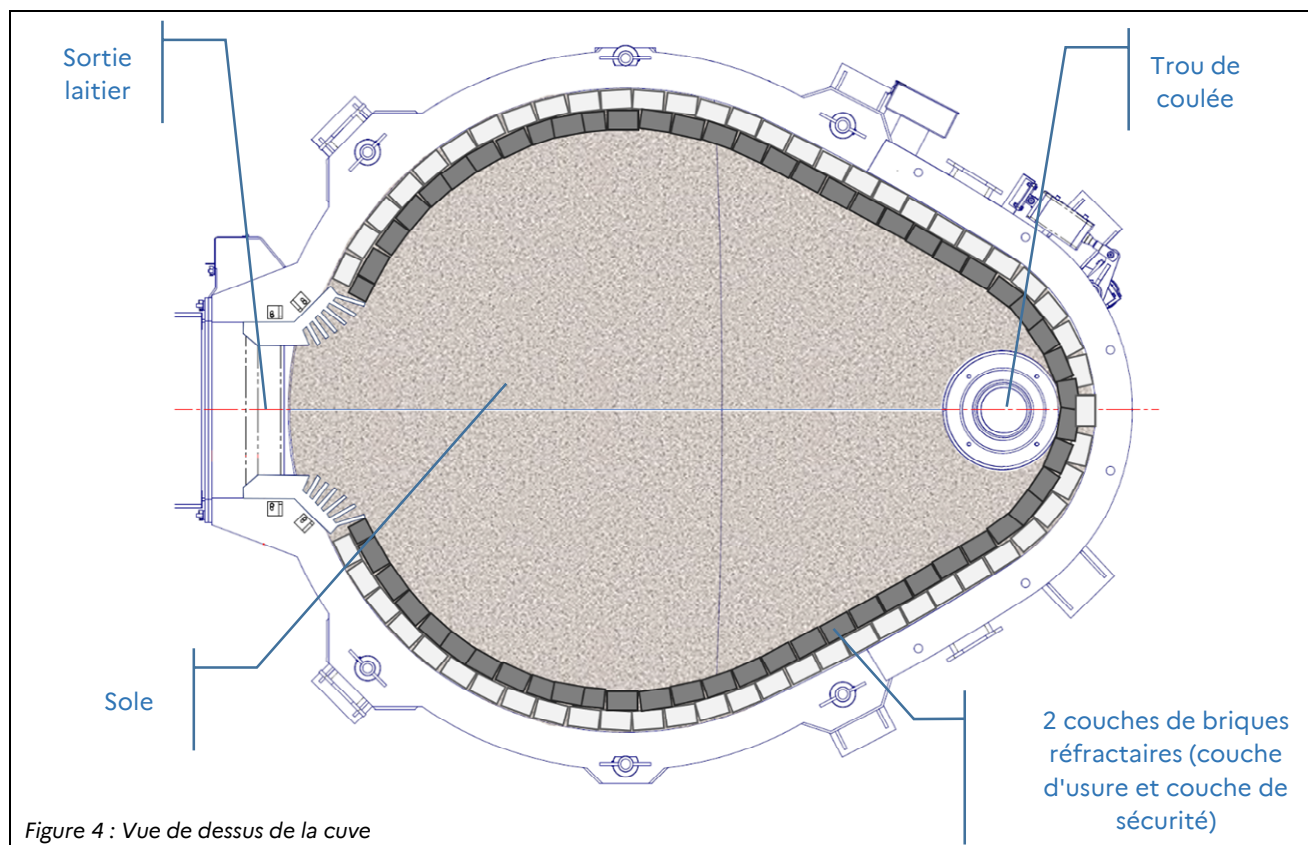


Figure 3 : Schéma d'un four à arc à l'arrêt

Sur une vue de dessus de la cuve, on aperçoit distinctement la forme ovoïde du fond de cuve (sole) qui dispose d'un trou de coulée excentré. "Diamétralement" opposé, la cuve est équipée d'une ouverture qui permet l'évacuation du laitier et le passage du béliet. Une fois l'acier fondu, la séparation du laitier surnageant (impuretés) et de l'acier se fait par le basculement de la cuve, soit du côté sortie laitier qui est évacué par surverse, soit du côté trou de coulée pour évacuation de l'acier. Le basculement est assuré au moyen d'un vérin hydraulique. Un système de béquilles (non représentées sur les figures) permet d'éviter tout basculement accidentel en cas de perte des vérins.



L'acier en fusion est coulé dans une poche¹ qui alimentera à un autre endroit du site la coulée continue de laquelle sortiront les billettes. Une campagne de fusion se déroule habituellement sur plusieurs jours (dans le cas d'ALPA du mercredi au lundi, les lundi et mardi étant consacrés à la maintenance préventive et au contrôle des réfractaires). Une campagne comporte plusieurs fusions, chacune durant

¹ Récipient de grandes dimensions utilisé pour transférer l'acier liquide du four de fusion vers d'autres zones de traitement ou de coulée. Elle est fabriquée en acier et est revêtue intérieurement de matériaux réfractaires pour résister aux températures élevées de l'acier fondu. Elle est conçue pour supporter des charges lourdes et pour être manipulée par des équipements spécialisés comme les ponts roulants ou les bras manipulateurs de poche (BMP).

environ 50 minutes. Durant la campagne, entre deux fusions, le four est maintenu en température en conservant l'équivalent de 10 t d'acier en fusion. Cette pratique permet de faciliter l'amorçage de la fusion suivante, d'améliorer la conductivité et de protéger la sole du four.

Sur le site d'ALPA, l'exploitant utilise un **chariot pousseur** (ou béliet, ou BMP²), équipement externe au four, monté sur rails. Ce genre d'outil est assez répandu dans l'exploitation du four. Il peut servir à plusieurs fonctions :

- **Ajout d'additifs** : Le béliet peut être utilisé pour ajouter des additifs et des agents réducteurs dans le four pendant le processus de fusion pour ajuster la composition chimique de l'acier.
- **Mélange et homogénéisation** : Le béliet sert à pousser les "riquettes", amalgame de laitier et de métaux non fondus qui se trouvent au niveau de la trappe de nettoyage en limite de la zone d'influence thermique des arcs. Le béliet aide ainsi à pousser ces amalgames pour assurer une fusion homogène.
- **Sécurité et contrôle** : Le béliet permet de manipuler les matériaux à distance ou de procéder à des mesures de température, réduisant ainsi les risques pour les opérateurs humains qui travaillent dans un environnement à haute température et potentiellement dangereux.

Sur le site d'ALPA, il sert principalement à dégager la ferraille infondue de la porte de décrassage.

Pour éviter l'endommagement de la cuve par le béliet, l'alignement de ce dernier est assuré par un déplacement guidé par rail et l'utilisation du chariot est asservie à la position du four. En cas d'inclinaison excessive de ce dernier ($\pm 1^\circ$), le béliet ne peut être engagé.

² L'acronyme BMP revêt plusieurs significations dans le secteur de l'aciérie. On retrouve sur d'autre site le béliet manipulateur de poche, fonction bien différente de celle du béliet décrit dans le présent rapport.



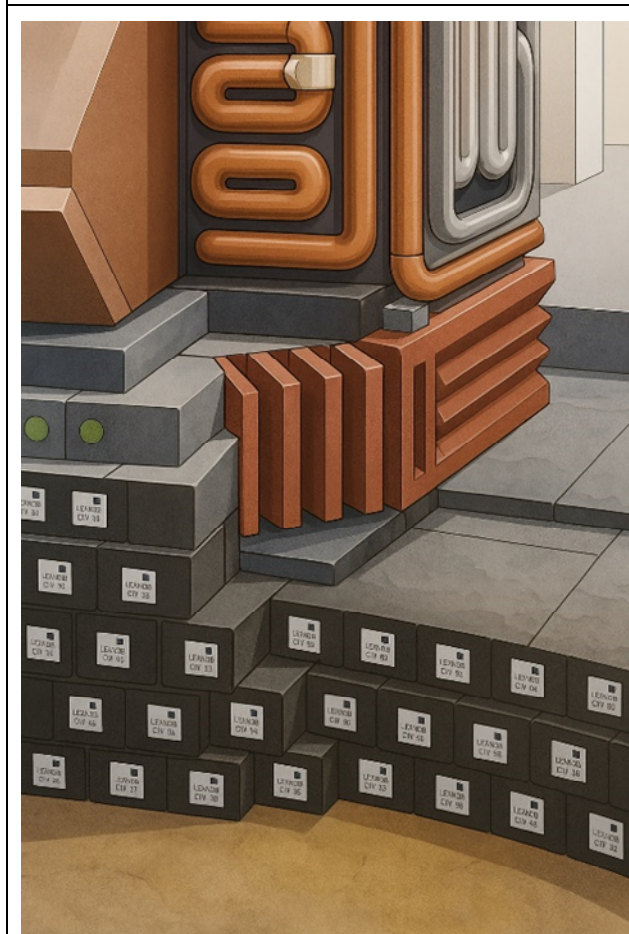
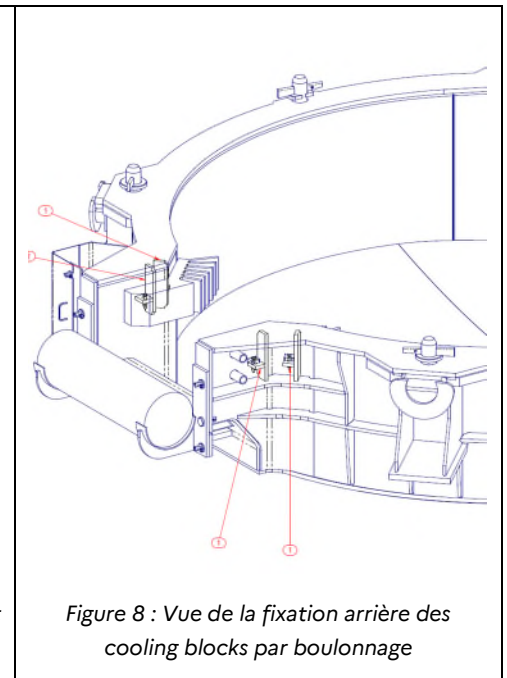
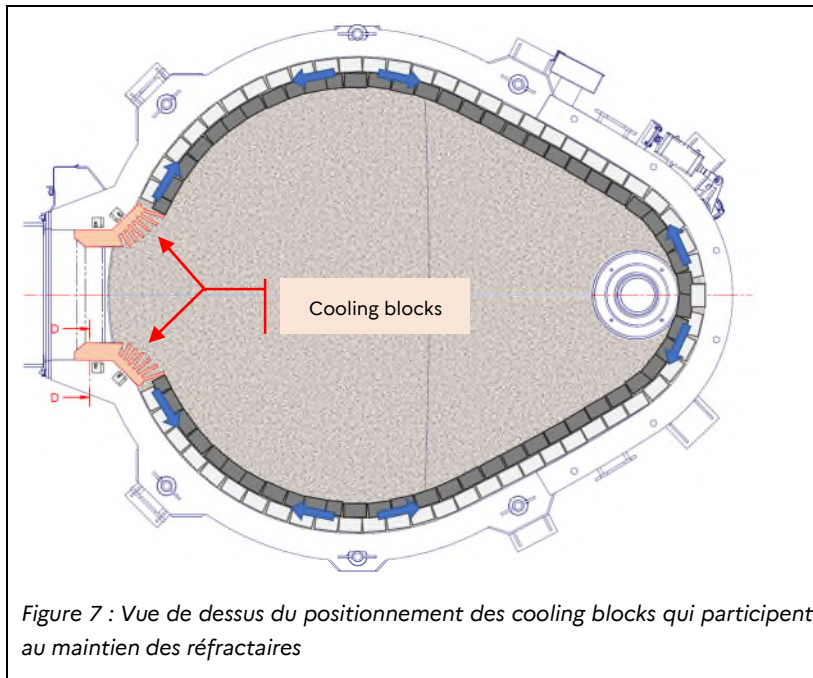
Photographie 3 : Vue de la face avant du bélier



Photographie 4 : Vue latérale du bélier

Les "**cooling blocks**" situés de part et d'autre de la trappe de décrassage de sortie du laitier sont des éléments de protections mécanique et thermique de la cuve du four complémentaire des briques réfractaires posées sur le reste de la cuve. Le *cooling block* est constitué de cuivre qui offre une haute conductivité thermique et qui est refroidi par un circuit d'eau interne afin de dissiper efficacement la chaleur intense générée par le procédé. Il est moins sensible aussi aux phénomènes d'érosion qui s'opèrent sur les briques réfractaires.

Fixés par boulonnage à la cuve, ils participent au maintien des briques réfractaires en place en complétant l'effet de voûte qui contribue au maintien des briques sur la périphérie de la cuve.



III.2.4 L'usure des briques réfractaires dans le temps

Les briques réfractaires sont des éléments importants de l'intégrité de la cuve du four. Grâce à leur bonne résistance aux hautes températures, elles permettent de contenir l'acier dans la sole du four. Sans leur présence, la mise en contact de l'acier en fusion et de la cuve elle-même en acier conduirait à une fonte de cette dernière et à une fuite de l'acier.

Pour autant, les briques subissent plusieurs mécanismes d'usure.

La corrosion des briques est le mécanisme d'usure le plus important dans le cas des réfractaires. La corrosion se produit en raison des réactions chimiques des oxydes (FeO , SiO_2 ou MnO) du laitier avec les matériaux réfractaires et notamment la magnésie (MgO) qui est soluble dans le laitier liquide. Ces réactions contribuent à la formation d'une couche protectrice qui aide à prévenir une usure plus rapide des briques réfractaires.

L'érosion mécanique est un autre mécanisme qui se produit dans le four à arc électrique. Il s'agit de l'usure physique du réfractaire sous l'action de l'écoulement de l'acier liquide et du laitier sur sa surface. L'érosion est un mécanisme particulièrement marqué au niveau du trou de coulée, de la ligne de laitier et des ouvertures.

La fusion du réfractaire peut se produire lorsque la chaleur produite par l'arc dépasse le point de fusion du réfractaire. Le changement de phase du réfractaire de l'état solide à l'état liquide provoque son élimination.

L'eau étant utilisée dans les fours à arc électriques (en particulier pour le système de refroidissement), des fuites d'eau peuvent survenir. Les réfractaires sont facilement endommagés par l'eau ou la vapeur en raison de l'hydratation du MgO ou de la chaux du produit réfractaire.

Les fuites d'eau sont généralement détectées au moyen de détecteurs de débit de fuite, de débitmètres sur circuit d'eau et circuit d'air, sondes de température, contrôle de cheminée, caméra thermique, alarmes de sécurité (seuil bas / seuil très bas, seuil haut / seuil très haut) qui arrêtent le four dans ce cas.

Enfin, l'usure du réfractaire due à l'écaillage se produit lorsque le réfractaire est soumis à un chauffage ou un refroidissement rapide. Ce mécanisme d'endommagement du réfractaire est plus fréquemment observé dans les réfractaires de la voûte car ils sont exposés à des variations de température plus rapides.

Pour tenir compte des effets de ces mécanismes d'usure que nous qualifierons de normaux, l'exploitant procède au remplacement des briques d'usure toutes les trois semaines environ et des briques de sécurité une fois par an. Les briques d'usure font également l'objet d'une surveillance régulière (contrôle visuel et mesure d'épaisseur) entre les campagnes de coulées et les briques de sécurité sont contrôlées à chaque remplacement des briques d'usure.

IV. Déroulement de l'évènement

IV.1 Déclenchement de l'évènement

Lors des jours qui ont précédé l'accident, le four a fonctionné du mardi soir 15 octobre à 20h au lendemain 6h. Il avait été redémarré le mercredi soir à 20h et aurait dû être arrêté le lundi 21 octobre à 20h.

L'incident s'est produit le samedi 19 octobre à 17h24, une percée du four contenant à ce moment environ 90 t de ferrailles, entraîne une fuite d'acier en fusion dans la fosse située sous le four.

A 17h25, la détection incendie se déclenche, avertissant les personnels présents sur le site. Un report de vidéo-surveillance permet de disposer d'une vue de la salle du four.

Entre 17h27 et 17h55, l'exploitant suit le mode opératoire indiqué dans ces circonstances en manœuvrant le four afin de couler en poche et vider l'acier liquide du four. Toutefois, la perte du système hydraulique du four provoqué par l'incident empêche toute manœuvre de celui-ci, qui repose sur les béquilles de sécurité et qui verrouillent la position.

En parallèle de ces actions, le personnel utilise les robinets d'incendie armés (RIA) situés à proximité afin de maîtriser l'incendie qui s'est propagé aux différents flexibles composant le système de refroidissement hydraulique du four. En effet, l'acier en fusion répandu au sol rayonne à 1600°C et brûle l'ensemble des éléments en plastique ou caoutchouc (flexibles d'eau, etc).

L'essentiel de la coulée est resté dans le four. 24 tonnes ont été coulées dans une poche et 6 tonnes environ se sont déversées dans le niveau inférieur par le trou de fuite

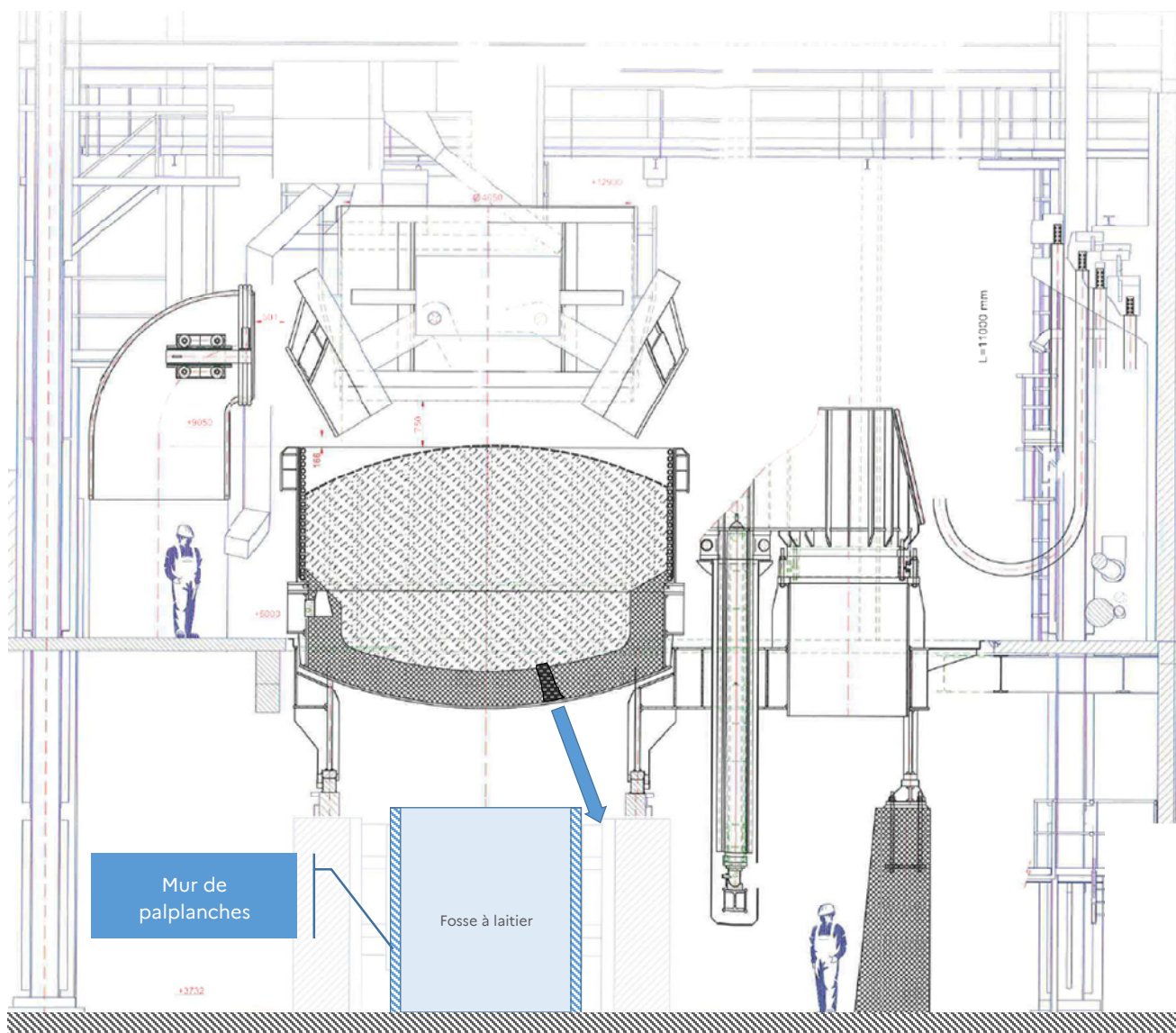


Figure 9 : Vue de la position de l'écoulement de la fuite par rapport à la fosse à laitier

IV.2 L'intervention des secours publics

Les sapeurs-pompiers des Yvelines reçoivent la demande de secours à 18h02 et engagent immédiatement de nombreux moyens opérationnels.

A l'arrivée des premiers engins sur le site à 18h11, le feu est déjà partiellement maîtrisé par les personnels de l'entreprise.

L'incendie sera totalement maîtrisé à 18h50 et une surveillance sera mise en place par les pompiers afin d'éviter toute éventuelle reprise de feu.

La réalisation d'un réseau de mesures et le contrôle des eaux d'extinction par l'unité spécialisée en risques chimiques ont permis d'écarter un risque de pollution de l'environnement.

Ils quitteront les lieux vers minuit après s'être assurés que les derniers relevés de températures sur les parois du four aient montré une baisse significative de la température de l'enveloppe. La surveillance du maintien de la baisse de température est laissée à la charge de l'exploitant.



V. Compte-rendu des investigations menées

V.1 Reconnaissance de terrain

Les enquêteurs du BEA-RI se sont déplacés sur site le lundi 4 novembre 2024. Ils ont procédé aux premiers constats en présence des personnels de l'exploitant ALPA ainsi que de la DRIEAT sur l'installation impliquée dans la séquence accidentelle. Sans reprendre dans le détail l'ensemble des constatations dressées, les enquêteurs retiennent les éléments marquants suivants.

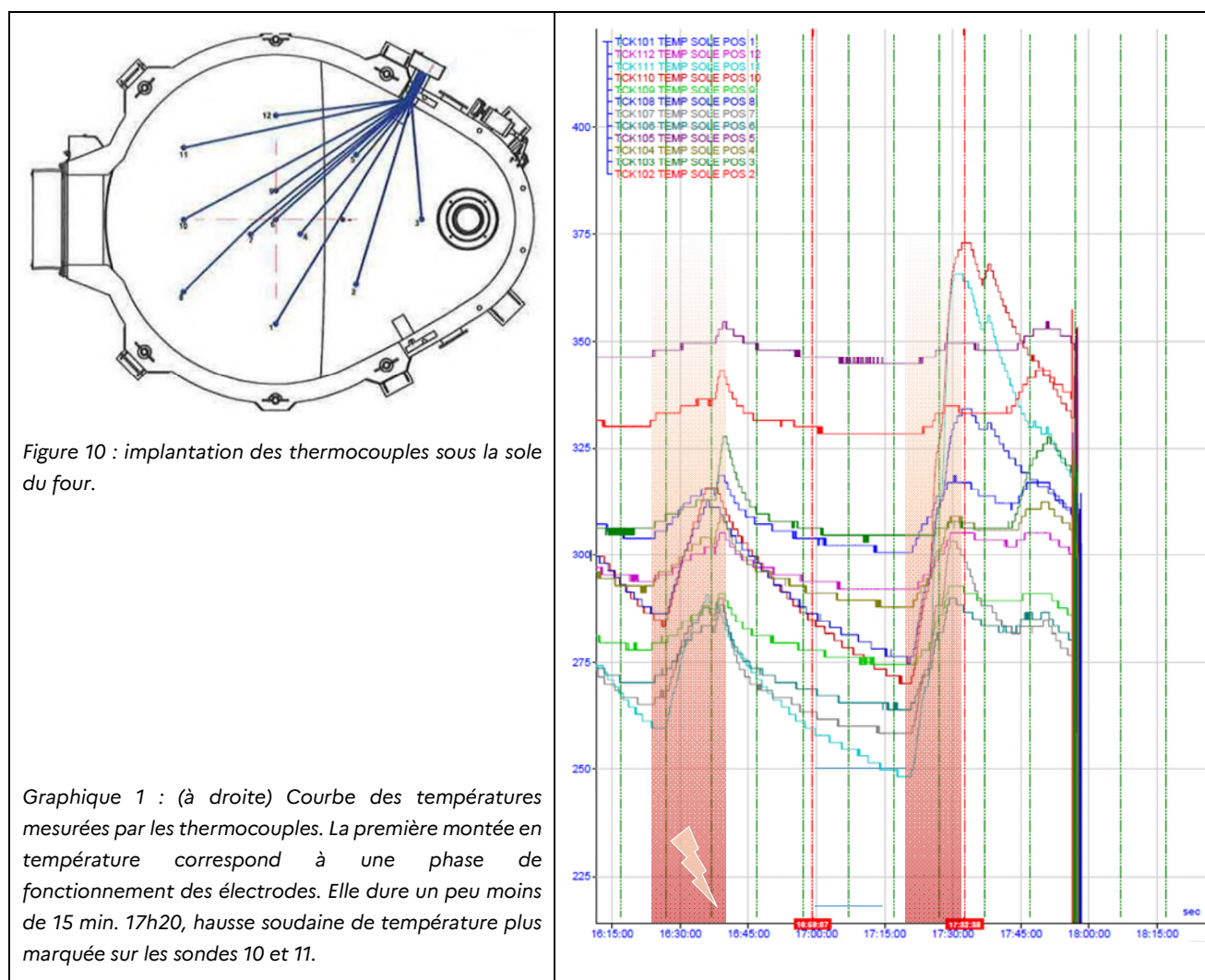
V.1.1 L'interprétation des relevés de températures

Le fond de la cuve du four est équipé de 12 thermocouples qui permettent un suivi de la température. Ils sont placés contre la cuve à l'arrière des briques réfractaires. Au-delà de veiller à une distribution cohérente de la température dans le four, ils permettent de repérer des points chauds qui seraient synonymes d'une usure anormale ou d'une dégradation des briques réfractaires.

L'examen des relevés de température le jour de l'accident permet de confirmer que le four était en fonctionnement et en opération de fusion. Le relevé de température débute vers 16h05 en cours d'opération de fusion. Les températures sont, en fonction de leur localisation sous la sole, constante ou en diminution sur un intervalle de températures compris entre 350°C et 275°C.

Vers 16h20, alors qu'une opération de fusion est engagée, le fonctionnement des électrodes produit à l'intérieur de la cuve une élévation des températures pendant 15 min. A l'arrêt des électrodes, les températures diminuent de manière homogène et cohérente, affichant un gradient température cohérent avec le profil de la sole et la hauteur de métal en fusion qui s'y trouve.

Vers 17h20, une hausse de température soudaine est mesurée sur l'ensemble des thermocouples. L'augmentation la plus importante est mesurée par le thermocouple n°11 (+105°C environ). Du fait de leur positionnement, les thermocouples peuvent également mesurer des élévations de température de la cuve soumise à un flux thermique externe. Cette élévation des températures est concomitante à la fuite de la cuve.



V.1.2 L'état et le suivi des briques réfractaires

Comme expliqué au point III.2.4, les briques réfractaires qui permettent de contenir l'acier en fusion sont sujettes à des mécanismes d'usure. Les constats réalisés sur le four ont permis de constater la présence d'une usure qualifiée de normale.

Cette usure fait l'objet d'une surveillance régulière (par mesure d'épaisseur) avant chaque campagne de coulées pour vérifier que l'avancement de l'usure des briques est conforme au prévisionnel et qu'il n'y a pas eu d'endommagements ponctuels qui viendraient remettre en question le confinement de l'acier.

Chaque contrôle est consigné au moyen d'une fiche qui permet de repérer les zones d'usure du four et leur avancement. La dernière fiche de contrôle fait apparaître des épaisseurs qui ne nécessitent pas de procéder au changement des réfractaires.

Les photographies ci-dessous permettent de visualiser l'érosion des briques d'usure.



V.1.3 L'interdiction d'accès au four en fonctionnement

Les procédures d'exploitation du four prévoient explicitement une interdiction d'accès à la salle du four lorsque celui-ci est en fonctionnement. L'ensemble des actions est piloté depuis l'extérieur de la salle.

V.1.4 La localisation du point de fuite

L'observation du four après démontage des réfractaires et des "cooling blocks" permet la mise à jour d'une ouverture d'une vingtaine de centimètres de diamètre dans la cuve, située à proximité de la porte des laitiers, au pied de la paroi de la cuve.

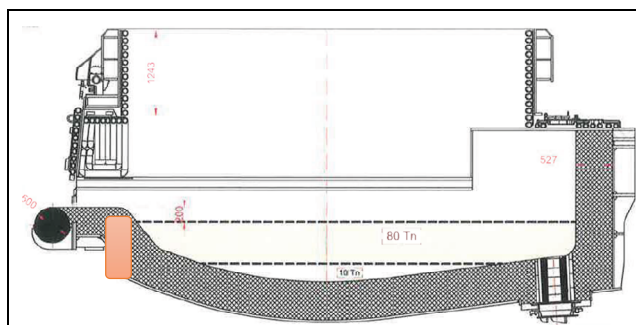


Figure 11 : Localisation du point de fuite en vue latérale.

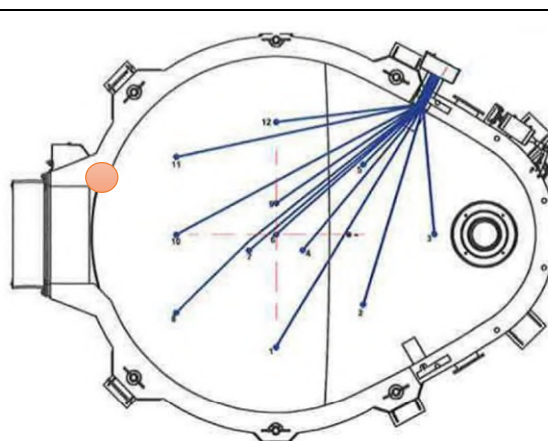


Figure 12 : Localisation du point de fuite en vue du dessus.



Photographie 8 : Trou provoqué par la fusion du four en partie basse de la paroi verticale de la cuve.



Photographie 9 : Vue du trou depuis le niveau inférieur sous le four.

V.1.5 Les impacts de la fuite

Bien que la fuite soit située à proximité de la porte des laitiers, l'acier en fusion ne se déversera pas dans la fosse à laitier mais de l'autre côté du mur de protection dans la partie où se situent les alimentations du four en utilités (systèmes hydrauliques, gaines électriques). Le rayonnement produit par la coulée a rapidement mis le feu aux flexibles et aux câbles électriques qui s'y trouvaient.

Du fait de la perte des utilités, toute manœuvre était impossible si bien que la procédure de mise en sécurité par vidange de la cuve par le trou de coulée n'a pas pu être mise en œuvre.

La vidange s'est donc produite par l'orifice ainsi créé par la fuite jusqu'à ce que le niveau de métal en fusion passe en-dessous de ce dernier.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

La fuite de four est la conséquence d'une perte d'intégrité de la protection thermique de la cuve qui est assurée par les briques réfractaires d'usure et les briques de sécurité. Le contrôle des épaisseurs des briques réalisé au cours de la semaine qui a précédé l'accident fait état d'une épaisseur résiduelle de 190 mm au niveau de la couche d'usure et ne mentionne pas de dégradation de la protection.

Le BEA-RI exclut donc que la perte d'intégrité de la protection thermique soit la conséquence d'une usure normale.

La localisation de la fuite à l'aplomb de la zone de contact des briques et du cooling-block, et le déplacement du cooling-block constaté lors des travaux de nettoyage après l'évènement laisse supposer que la détérioration de la protection thermique est due au déplacement accidentel de ce dernier, probablement sous l'effet de la poussée du béliet. Le jeu laissé entre la tête du béliet et les parois de la porte du four étant insuffisant pour éviter une poussée de la tête du béliet sur le cooling-block. Celle-ci aurait été facilitée par la présence d'un dépôt d'acier laissé par une ancienne coulée ou l'obstruction d'une ferraille de la coulée en cours.

Le BEA n'est pas en mesure de déterminer si la détérioration s'est produite au moment de la dernière utilisation du béliet ou s'il s'agit d'un processus de dégradation progressif qui s'est inscrit dans le temps.



Photographie 13 : vue depuis l'extérieur du four de la porte des laitiers par laquelle passe la tête du béliet.



Photographie 14 : tête du béliet.

Une fois la fuite constituée, l'acier en fusion s'est déversé au niveau inférieur. Bien que situé à l'aplomb de la fosse à laitier, sous la pression statique, l'acier en fusion s'est écoulé au-delà du mur de la fosse dans une partie de local où se trouvaient les flexibles d'alimentation du four en utilités (huile, gaz, électricité), provoquant l'incendie du four.

VI.2 Facteurs contributifs

Pour rappel, les facteurs contributifs sont des éléments qui, sans être déterminant, ont pu jouer un rôle dans la survenance, dans l'aggravation ou l'atténuation de l'accident.

VI.2.1 L'absence de mesure de la température de la zone où s'est produite la fuite

La sole du four est munie de thermocouples qui permettent de mesurer les élévations anormales de température notamment en cas de détérioration de la protection thermique constituée. Ces thermocouples sont assez logiquement disposés en partie centrale. Des thermocouples situés à proximité de la zone concernée par la fuite auraient permis de déceler l'infiltration d'acier entre les briques dans l'hypothèse où cette infiltration était la résultante d'un processus de détérioration progressif (sur plusieurs cycles).

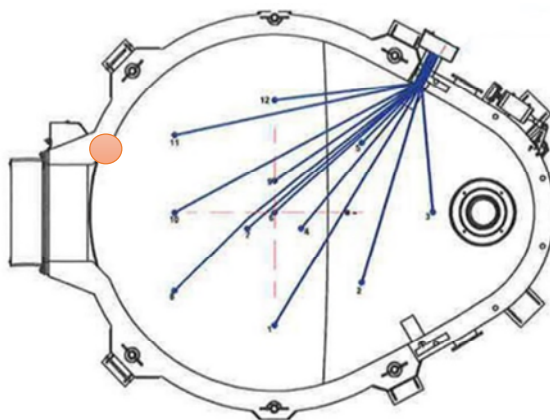


Figure 13 : localisation des thermocouples positionnés au niveau de la sole

VI.2.2 L'absence de protection physique des flexibles et tuyauteries

En cas de fuite d'acier en fusion dans les parties où sont situées les circuits d'approvisionnement en utilités du four, le rayonnement thermique de l'acier provoque l'inflammation immédiate des flexibles exposés car aucun dispositif physique ne les protège. Les flexibles bénéficient d'une protection haute température contre les effets de particules de petites tailles ou de flammes de faibles intensités.

VI.2.3 Les procédures d'exploitation

Le risque de percée de four faisant déjà partie de l'analyse des risques du site, les modes opératoires ainsi que la formation du personnel ont permis de limiter la gravité de cet accident. A titre d'exemple, la consigne d'évacuation des abords du four au moment de la coulée, a permis de faire en sorte qu'aucun personnel ne soit présent au moment où la fuite s'est produite. La salle du four est fermée à clé par un jeu de clés d'asservissement, tant que le four n'est pas mis en sécurité.

VI.2.4 Procédure en cas d'incendie

Dans la continuité du point précédent, l'exploitant a appliqué ses consignes internes prévues pour faire face à une fuite de four. Les moyens internes de l'usine ont été mobilisés pour mettre fin à l'incendie.

VI.2.5 La présence de l'ensemble des corps de métier sur site

L'entreprise disposant en interne de l'ensemble des corps de métier sur site (maçons, soudeurs, ESI, etc.) afin de limiter au maximum les arrêts de production lors de la maintenance du four et des incidents pouvant survenir, a pu s'appuyer sur ces compétences pour gérer l'événement et engager rapidement les actions nécessaires à la réparation et au redémarrage de l'équipement.

VII. Enseignement de sécurité

VII.1 Dégradation de la protection thermique par l'utilisation du béliet.

Le charriot pousseur peut dans des situations particulières (encrassement des cooling block, coincement de ferrailles, ...) être amené à détériorer la protection thermique assurée par les briques réfractaires et provoquer des fuites aux abords de la porte des laitiers.

VIII. Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant

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

- Compléter le réseau de capteurs de température dans certaines zones périphériques du four pour améliorer la détection d'une détérioration progressive du réfractaire ;
- Apporter des évolutions au fonctionnement du charriot pour éviter qu'il puisse endommager à nouveau les cooling blocks (modification du design de la tête du béliet, bridage de la force de poussée de la tête pour faire en sorte qu'elle ne soit pas susceptible de désolidariser les cooling-blocks, ...)
- En cas d'impossibilité, prévoir dans la procédure d'utilisation du béliet une vigilance particulière lorsque la force de poussée dépasse un seuil susceptible d'être critique si elle s'applique sur les cooling-blocks ;
- Réexaminer la position et le dimensionnement des murs de la fosse à laitier pour limiter le risque de vidange du four dans des zones où se trouvent les utilités. A défaut, conduire une réflexion sur la protection des utilités, en intégrant l'agression par rayonnement thermique.



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>