

Déversements de métal en fusion, des accidents inévitables ?

Dans le secteur de la métallurgie, les déversements de métal en fusion sont des accidents récurrents. Chaque année, plusieurs accidents de ce type surviennent dans l'industrie métallurgique française.



Les déversements de métal en fusion ont des conséquences aussi bien économiques, qu'humaines. ▶

Même si les conséquences des déversements de métal en fusion sont parfois moins impressionnantes que celles des explosions liées au contact eau/métal en fusion (cf. *Face au Risque* n° 497 – novembre 2013), ces événements peuvent tout de même générer des dommages économiques pouvant atteindre des millions d'euros. Ces déversements s'accompagnent en général d'incendie

et, dans 7 % des cas, d'explosions, notamment quand le métal rencontre une paroi humide, de l'eau dans des fosses ou canalisations ou bien encore des équipements sous pression stockés à proximité.

Par ailleurs, un déversement de métal en fusion sur cinq enregistrés dans la base de données Aria¹ du Barpi a des conséquences humaines. Et un

1) www.aria.developpement-durable.gouv.fr

accident sur dix génère des blessés graves notamment par brûlures.

Les conséquences sur l'environnement sont essentiellement atmosphériques avec des dégagements importants de fumées.

Un retour d'expérience peu partagé

Sur les 86 accidents de la base Aria, les causes profondes ne sont identifiées que pour 8 d'entre eux, soit

moins de 10 %. Pourtant, l'enseignement tiré par l'analyse des causes profondes ainsi que la mise en œuvre et le suivi des mesures qui en découlent sont nécessaires pour éviter la survenue de nouveaux accidents sur un même site et sur d'autres sites partageant la même activité.

Sur l'échantillon d'événements analysés, plus de 35 % des déversements de métal en fusion surviennent sur des sites où ce type d'accident s'est déjà produit. Quels enseignements ont été tirés de ces événements pour éviter leur survenue ? Les mesures mises en place et leur efficacité sont-elles correctement suivies ?

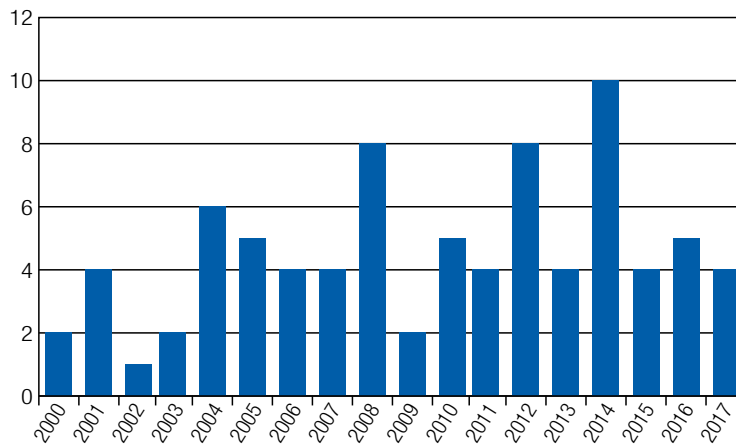
Le secteur de la sidérurgie très concerné

Le secteur de la sidérurgie est particulièrement concerné par les accidents de type « déversements de métal en fusion ». Il concentre 38 % des événements.

Le secteur de la métallurgie de l'aluminium participe à hauteur de 19 % à ce type d'événement. Il est concerné majoritairement par les « percements de contenants de métal en fusion ».

Les accidents de type « renversement de contenants » concernent essentiellement la sidérurgie et la fonderie de fonte.

Déversements de métal en fusion survenus dans l'industrie métallurgique française



Source : accidents enregistrés dans la base Aria du Barpi au 1^{er} mars 2018

L'usure prématurée des réfractaires conduisant à la perforation des contenants

Deux tiers des déversements de métal en fusion proviennent du percement du contenant et donc d'une usure prématurée des réfractaires. Cette usure peut être due à des défauts de montage avec des espaces de dilatation insuffisants générant un mécanisme d'abrasion. D'autres défauts comme une possible malfaçon sur la structure des briques ou la possibilité que du métal solidifié soit

resté coincé entre le béton primaire et le réfractaire lors d'un changement de réfractaire ont été évoqués dans certains accidents.

L'analyse des accidents a également montré que l'usure pouvait provenir d'un défaut d'entretien des réfractaires dont la fréquence de maintenance n'aurait pas été révisée alors que l'utilisation du four aurait été ponctuellement augmentée.

L'usure prématurée des matériaux réfractaires peut également provenir des pratiques de conduite de la

QUELQUES EXEMPLES D'ACCIDENTS

PERCÉE D'UN FOUR – ÉCOULEMENT DE LAITIER

23 août 2007 – Grande-Synthe (Nord)

Aria n° 33481

Naf 24.10 : Sidérurgie

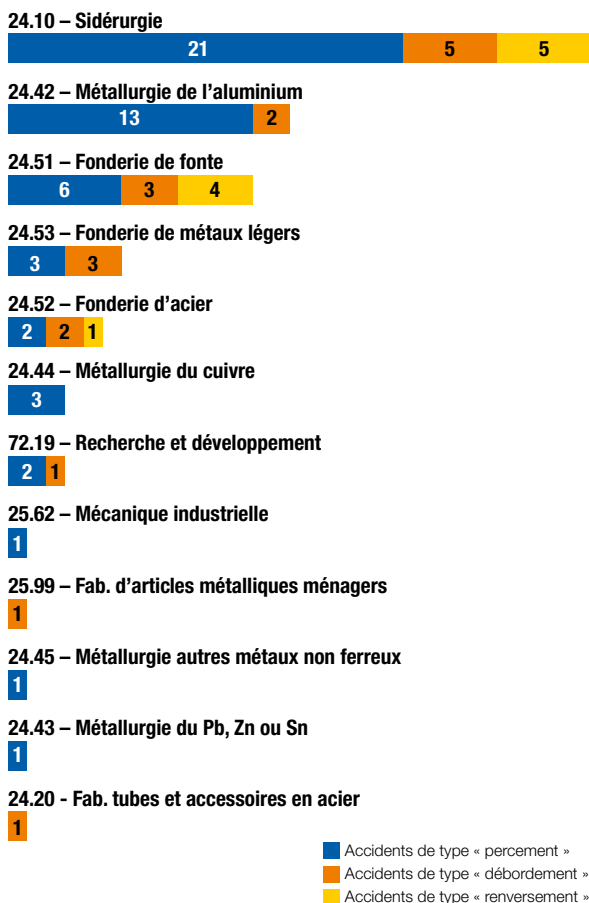
Un déversement de laitier se produit vers 11 h dans une usine de production de ferromanganèse à la suite de la percée d'un four électrique, au-dessus du niveau supérieur du métal en fusion. L'écoulement est collecté dans la cuvette de rétention mais une partie, projetée sur le plancher de coulée, enflamme des câbles électriques, une palette de « masse de bouchage », puis le bardage du bâtiment. Le POI est déclenché. Les alimentations électriques sont interrompues. Les secours évacuent 70 employés et mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Après son refroidissement, le laitier est évacué avec une chargeuse. Les dommages matériels s'élèvent à 1,59 M€ et les pertes d'exploitation à 25 M€.

Depuis le renouvellement complet du garnissage du four, 3 ans plus

tôt, des montées en température anormales à sa surface avaient nécessité de nombreuses interventions du sous-traitant ayant effectué les travaux. Après ce type d'intervention, le four a normalement une durée de vie de 10 à 15 ans, sans maintenance significative. Juste avant l'accident, les températures devenant critiques alors que le four ne fonctionne qu'à puissance réduite, une nouvelle intervention du prestataire est programmée. Afin d'établir un diagnostic de l'état des réfractaires, deux découpages de la tôle du four sont réalisés ; c'est au niveau de la seconde découpe que le laitier en fusion a jailli, quelques minutes après l'intervention. Les premières observations ont montré que la paroi du réfractaire était fortement endommagée dans la zone de coulée avec, en particulier, une destruction partielle des blocs de carbone (pisé). Les expertises réalisées par la suite n'ont pas permis d'établir avec certitude les causes de cette usure prématurée. La qualité du matériau ou un problème de pose sont évoqués.

À la suite de l'accident, l'exploitant prend les mesures suivantes : renforcement du suivi des températures avec nouveaux seuils d'alarme et de déclenchement, réorganisation des stocks à proximité.

Répartition du nombre d'accidents par code NAF et par type



fusion avec notamment des effets de voûte mal maîtrisés ou le maintien de métal liquide plusieurs semaines dans un four avec un contrôle de température défaillant. On relève également des défauts de régulation de température des bains avec un nombre de thermocouples insuffisants ou dont l'implantation ne permet pas d'identifier les variations de température.

D'autres facteurs de conduite du process ont impacté l'état des réfractaires comme la teneur élevée en carbone des coulées, les nuances d'acier plus corrosives, le mauvais positionnement de la lance à oxygène, le mauvais positionnement du jet de coulée de métal, la configuration magnétique du four, l'usure de la cathode.

Peut-on expliquer ces accidents par des erreurs humaines ?

21 % des déversements de métal en fusion analysés proviennent de débordements ou projections de métal en fusion. À l'origine de ces débordements on trouve souvent une intervention humaine (erreur dans la gestion de process, étanchéité mal réalisée, défaut de contrôle). Toutefois, les causes permettant de comprendre la survenue

de ces interventions inappropriées sont rarement rapportées.

Lorsque ces causes sont analysées, on relève des défauts de formations ou l'absence de consignes permettant de guider l'opérateur. Une défaillance de l'instrumentation des cuves de métal en fusion a été relevée lors d'un événement qui a conduit l'opérateur à réaliser un cumul d'ordres inappropriés sans percevoir le résultat de ses actions.

Les interventions humaines inappropriées s'expliquent fréquemment par un contexte organisationnel défaillant. Sans analyse profonde de ces dysfonctionnements organisationnels et techniques, il apparaît difficile d'identifier les mesures correctives efficaces à mettre en place pour éviter la survenue de nouveaux événements.

Limiter les risques de renversements de cuves

Les renversements de cuves ou poches représentent 13 % des accidents de déversements de métal en fusion de la base Aria. Ceux-ci peuvent provenir de la défaillance de pièces mécaniques de ponts roulants comme par exemple la rupture, en pleine section d'une chape de fixation de l'un des crochets au palonnier.

QUELQUES EXEMPLES D'ACCIDENTS

DÉVERSEMENT DE MÉTAL EN FUSION DANS UNE FONDERIE

16 septembre 2014 – Caudan (Morbihan)
Aria n° 45723
Naf 24.51 : Fonderie de fonte

Dans une fonderie, l'opérateur pilotant un four à induction électromagnétique tente de le faire redescendre après le remplissage d'une poche sur un chariot. Le four continue de monter. À 20 h 23, l'intégralité de son contenu, 9 t de métal en fusion, se déverse au sol et sur le chariot provoquant plusieurs départs de feu. Le fondeur pilotant l'installation est brûlé au 2^e degré par un retour de flamme. Des employés tentent d'éteindre l'incendie avec des extincteurs puis donnent l'alerte. Le POI est déclenché et les 200 salariés sont évacués. Les pompiers coupent les énergies et éteignent l'incendie. Le chariot et la cabine de pilotage sont détruits, le four est endommagé et la dalle est fragilisée sur 100 m². L'activité reprend le lendemain. Le chariot est évacué et la dalle est sécurisée.

Lors du réglage de la vitesse de descente du four sur la supervision par l'opérateur, un paramètre positif a été rentré à la place d'un paramètre négatif. Ce paramètre a entraîné l'inversion du sens de descente du four. La non-désactivation du mode maintenance de la supervision a permis la modification de ces paramètres.

Le bouton-poussoir « coupure jet métal » étant relié au même paramètre que celui de la descente du four, celui-ci n'a pas permis de rattraper la situation.

La conception du logiciel de supervision permet à tout opérateur de modifier des paramètres. De plus, il n'y a pas de verrou de sécurité et il est possible d'entrer un paramètre incohérent avec le mouvement demandé.

Avant le redémarrage de l'installation, l'exploitant modifie la supervision avec notamment :

- > la création d'un mot de passe pour le mode maintenance avec une diffusion restreinte aux agents habilités ;
- > la mise en place d'un verrou pour éviter toute acquisition de valeurs erronées par l'automate ;

Dans un autre accident c'est la casse du mécanisme d'accouplement de l'un des tambours de levage qui a généré un défaut de tension des câbles de levage puis des défauts d'horizontalité du palonnier entraînant sa rupture.

Plusieurs renversements surviennent du fait d'un mauvais accrochage des poches ou d'erreur dans la conduite de l'appareil de levage. La mise en place de feux clignotants pour avertir d'un bon arrimage, la sensibilisation ou le rappel des bonnes pratiques du transport des poches de métal en fusion et l'actualisation de la procédure de contrôles du bon accrochage des contenants sont des mesures qui ont été prises.

Enfin, un accident fait état d'un renversement de poche lié à un réglage inapproprié de l'automate de commande de basculement du four. L'ergonomie et les sécurités associées au paramétrage des fonctions de l'automate ont été mises en cause dans cet accident.

La formation du personnel, le contrôle des équipements et l'ergonomie du matériel peuvent limiter les risques de renversement des cuves de métal en fusion. ■

Mélanie Thomas

Chargée de mission – Barpi
Ministère de la Transition
écologique et solidaire

POINTS CLÉS À RETENIR

- > Suivre rigoureusement l'état d'usure des réfractaires.
- > Respecter les procédures d'entretien et la fréquence préconisée en fonction du type de matériaux.
- > Mettre en place un système de communication efficace entre les équipes notamment sur l'état de fonctionnement des équipements, sur les modifications des conditions d'utilisation d'un équipement afin que le service maintenance soit en capacité de modifier son programme d'entretien. Ce cas de figure concerne notamment des utilisations accrues et exceptionnelles d'un équipement ou des conduites de process en mode dégradé.
- > Mettre en place une formation adaptée aux tâches à réaliser. Des consignes claires et mises à jour à chaque modification d'équipements ou de conditions d'utilisations doivent être écrites et communiquées aux opérateurs.
- > La présence d'un encadrement à même de prendre des décisions doit être envisagée afin d'éviter aux opérateurs de gérer des situations qui ne relèvent pas de leur compétence.
- > Mettre en place ou renforcer le système de contrôle des équipements de manutention, de sécurité et de conduite du process ; les intégrer dans les procédures de maintenance.
- > Vérifier les sécurités prévues sur les automates de conduite. Leur ergonomie est également importante pour éviter des confusions lors de leur utilisation.
- > Mettre en place des « rétentions » pour canaliser et recueillir les écoulements de métal en fusion et éviter tout contact avec des produits ou fluides pouvant générer un incendie ou une explosion ou pour protéger les équipements sensibles.
- > Analyser les causes techniques et organisationnelles pouvant être à l'origine des événements et partager cette analyse ainsi que les mesures correctives mises en place pour enrichir le retour d'expérience.

- > la mise en place d'une valeur de paramètre fixe et dédiée à la fonction « coupure jet métal » ;
- > le remplacement du bouton-poussoir « coupure jet métal » à impulsion par un bouton-poussoir à accrochage afin de prioriser son action sur celle du joystick sur tous les fours.

PERCEMENT D'UN FOUR LORS D'UNE OPÉRATION DE FRITTAGE DE CUIVRE

5 janvier 2016 – Sélestat (Bas-Rhin)

Aria n° 47563

Naf 24.44 : Métallurgie du cuivre

Dans une fonderie, un déversement de cuivre liquide se produit vers 22h50 en partie basse d'un four lors d'une opération de frittage. Le four contenait 2,5 t de cuivre à 1 200 °C. Le déversement sur les tuyaux

d'alimentation en eau de la bobine d'induction provoque un incendie et un dégagement important de vapeurs. Les secours internes évacuent les cinq opérateurs. Ils sécurisent l'unité et éteignent l'incendie. Après refroidissement, les 2 t de cuivre déversées dans la fosse sont récupérées.

L'exploitant suppose un problème de maintien en température du pisé au cours de sa chauffe. Le nombre d'opérateur était réduit pendant la nuit (deux opérateurs) et il est possible que l'oxygène n'ait pas été présent avec la flamme toute la nuit. D'autre part la procédure ne décrivant pas la nécessité de déplacer le brûleur de haut en bas pour chauffer l'ensemble du four, il est possible que ce point n'ait pas été respecté.

Afin d'éviter ce type d'événement, l'exploitant prévoit :

- > l'installation d'un thermocouple avec enregistreur afin de déterminer la température de chauffe du pisé et assurer son maintien pendant toute la durée de chauffe ;
- > le déplacement du brûleur de haut en bas pour chauffer l'ensemble du four ;
- > l'intégration de ces paramètres dans la procédure.