

Histoires d'eau dans la métallurgie

L'eau en contact avec le métal en fusion provoque des explosions qui peuvent être très violentes et avoir des conséquences humaines et matérielles graves. Le retour d'expérience aide à la mise en place de mesures techniques et organisationnelles adaptées.

Les deux explosions survenues en un peu plus d'un mois, fin mai et début juillet 2013, dans des usines métallurgiques françaises ont à nouveau mis en exergue les risques des contacts eau/métal ou laitier (sous-produit de fabrication) en fusion dans la production de métaux. Cette industrie, qui regroupe les activités de fonte et de raffinage de métaux ferreux et non ferreux ainsi que la fabrication d'alliages, compte en France, selon les chiffres 2010 de l'Insee, un millier de sociétés pour 80 000 salariés à temps plein ; elle génère un chiffre d'affaires de 34 milliards d'euros. Parmi les diverses « causes » d'accidents dans cette activité, ce phénomène constitue une des circonstances à l'origine d'explosions souvent violentes. La base Aria du ministère du Développement durable recense ainsi 44 événements français de ce type durant ces 20 dernières années.

Un phénomène complexe ?

Ce « mélange » intempestif d'eau et de métal en fusion provoque des explosions de vapeur, phénomène purement physique résultant de la vaporisation instantanée de l'eau brusquement portée à sa température d'ébullition, avec projections de métal liquide et expansion volumique créant une onde de pression aggravée par un confinement important. À l'air libre, la transformation eau/vapeur entraîne une augmentation de volume d'un facteur 1 700 (1 l d'eau = 1,7 m³ de vapeur).



Dreal Champagne-Ardenne

Ce contact est aussi à l'origine de réactions d'oxydo-réduction (*voir encadré page suivante*) générant de l'hydrogène qui peut brûler au fur et à mesure de sa production ou provoquer une explosion très violente comparable par ses effets à celle de plusieurs kilogrammes de TNT (de l'ordre du kg de TNT pour quelques décilitres d'eau réagissant avec de l'aluminium en fusion). Une émission de monoxyde de carbone susceptible d'exploser peut aussi se produire en présence de carbone (aciers, fontes).

Les installations impliquées

Tous les équipements de la chaîne de production sont concernés par ce type d'événements. Des explosions surviennent en premier lieu dans l'équipement de fusion (four, haut-fourneau, convertisseur), après une fuite sur son circuit de refroidissement ou lors d'un chargement avec des produits humides ou des ferrailles creuses contenant de l'eau. La rupture du four peut également entraîner un écoulement de matières liquéfiées sur un sol d'atelier ou de rétention inadapté (fond humide, présence de flaque d'eau...). Les goulottes, lingotières, moules, poches de transport de métal liquide, bennes à laitier et d'une façon plus générale les « lignes » de coulée sont des matériels et phases d'exploitation où surviennent des explosions de vapeur. Les zones de

◀ Coulée de métal en fusion.

déversement de laitier à l'extérieur des ateliers, soumises par ailleurs aux eaux météorites, sont enfin impliquées lorsque la température des matières déversées est trop élevée.

Les conséquences humaines sont parfois dramatiques. En juin 2011, deux salariés décèdent dans une explosion de vapeur impliquant un bac de laitier; trois autres sont gravement blessés en mai 2013 durant la coulée verticale de deux barres d'un alliage non ferreux. Au-delà de cet attristant bilan, les dommages matériels et les pertes d'exploitation peuvent être importants et se chiffrer en centaines de milliers d'euros. Les effets missiles accompagnant ces événements sont également susceptibles de provoquer des dégâts sur des habitations ou véhicules à l'extérieur du site; des éléments métalliques (de plusieurs centaines de kilos) ou de briquetage ont ainsi été retrouvés dans certains cas jusqu'à 100 m du lieu de l'explosion.

Défaillances organisationnelles et humaines

Les défaillances organisationnelles et humaines contribuent significativement à la survenue ou l'aggravation de ces accidents. Arrimage incorrect et contrôle insuffisant d'une poche de métal provoquant sa chute, alimentation d'un four en fonctionnement avec des charges humides, utilisation sans précaution suffisante d'un chalumeau lors d'un incident de fusion provoquant le percement du circuit de refroidissement, fausse manœuvre d'un opérateur entraînant une coulée massive de cuivre dans un bac de trempe illustrent cette problématique récurrente dans les accidents industriels en général. Les défaillances matérielles constatées telles que l'usure des réfractaires, parfois accélérée par des travaux de réfection mal effectués, des fuites d'eau sur les réseaux d'eau de refroidissement des installations, voire plus curieusement sur la toiture du bâtiment de fusion, rappellent, si besoin en était, la nécessité d'une maintenance préventive adaptée et correctement réalisée.

Électrode en graphite projetée à une dizaine de mètres par l'explosion de vapeur provoquée par le déversement de laitier chaud. ▶



Dreal Rhône-Alpes

Des causes ou situations exceptionnelles, externes à l'unité, sont aussi à l'origine de ces contacts eau/métal en fusion. Au Japon, un wagon de métal liquide est renversé par une vague d'eau de 15 000 m³ à la suite de la rupture brutale d'une soudure d'un réservoir d'eau, provoquant une explosion. En France, c'est sous un pont que le même phénomène se produira après la chute d'une poche de fonte en fusion dans un canal lors de son transfert entre deux bâtiments de production.

Exploiter le retour d'expérience

Tous ces accidents montrent la nécessité d'examiner de façon préventive les situations prévisibles d'un

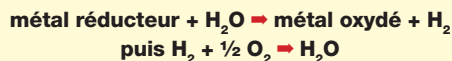
contact eau/matières en fusion afin d'identifier et de hiérarchiser les risques susceptibles d'affecter les unités.

L'analyse des risques lors de la conception des installations, de leurs modifications ou de travaux de maintenance préventive ou corrective, est indispensable pour mieux appréhender les situations auxquelles un exploitant peut être confronté, afin de mettre en place les mesures techniques et organisationnelles de nature à éviter ce type d'événements ou en limiter les conséquences.

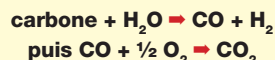
Le respect des règles de l'art dans l'exploitation et l'entretien des fours, la bonne gestion des « inter-

PHÉNOMÈNE D'ORDRE PHYSIQUE... MAIS PAS SEULEMENT

Indépendamment du simple changement d'état physique de l'eau, le contact entre l'eau et des matières en fusion peut, à la suite de réactions chimiques, générer de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, gaz tous deux explosifs :



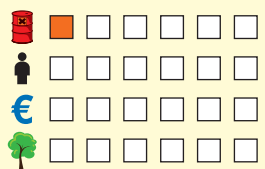
(explosion résultant de la combustion avec l'oxygène de l'air).



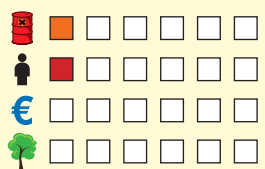
(explosion résultant de la combustion avec l'oxygène de l'air).

DES ACCIDENTS ILLUSTRATIFS

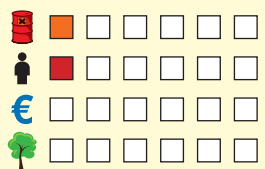
USURE DES RÉFRACTAIRES


17 octobre 1995, Stenay (Meuse).
 Un four électrique à induction d'une capacité de 1 t explose dans une fonderie d'acier. La perte de production est estimée à 400 kF (env. 60 k€) par semaine d'immobilisation. Une projection d'eau dans le métal en fusion à la suite d'une forte usure du réfractaire (pourtant vérifié quelques heures auparavant) et du perçage par fusion des tubes de refroidissement en cuivre est à l'origine de l'accident.

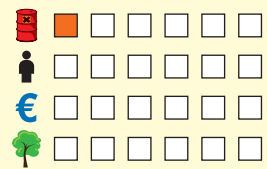
DÉGAGEMENT D'HYDROGÈNE/ OXYDORÉDUCTION


27 janvier 2003, Dompierre-sur-Besbre (Allier).
 Une explosion se produit sur un four dans une usine fabriquant des blocs-moteurs de voiture. L'incendie qui suit est maîtrisé par le service d'intervention de l'établissement ; trois employés sont brûlés, dont l'un plus grièvement. Un défaut de refroidissement serait à l'origine de l'explosion avec une réduction eau-métal donnant lieu à dégagement d'hydrogène explosant au contact de l'air.

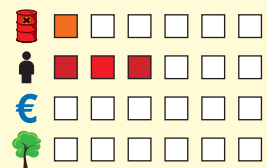
COULÉE DE MATIÈRES EN FUSION DANS UNE BENNE HUMIDE


15 mai 2006, Vivier-au-Court (Ardennes).
 Dans une fonderie de fonte, une explosion se produit à 18 h 30 lors du défournement, par les trappes situées en partie inférieure du four, des produits de fin de fusion dans une benne. Du coke, de la fonte et du laitier sont projetés dans le bâtiment et 30 m² de toiture sont détruits. Un des deux employés blessés est hospitalisé durant 4 jours. Selon l'exploitant, une réaction eau/métal en fusion serait à l'origine de l'accident. En effet, le ciment réfractaire recouvrant la benne de récupération avait été mis en place le matin même et la durée de séchage aurait été insuffisante. Plusieurs mesures techniques et organisationnelles sont prises : acquisition de trois bennes afin d'assurer un meilleur roulement et un temps de séchage suffisant (36 heures), stockage des capacités à l'abri de l'eau, séchage de la benne destinée au défournement du jour avec un brûleur à gaz, mise en place d'une alarme sonore destinée à prévenir le personnel pendant la durée de l'opération, matérialisation d'une zone de protection et désignation d'un responsable de défournement...

ALIMENTATION DU FOUR AVEC DES CHARGES HUMIDES


25 avril 2008, Commentry (Allier).
 Une explosion se produit vers 3 heures dans le four électrique de 28 t d'une aciérie. Le POI est déclenché et le métal en fusion est transféré dans une poche. La surpression de la déflagration est restée cantonnée au four. Aucun blessé n'est à déplorer. La cause privilégiée de l'accident est identique à celle de l'explosion survenue dans cette usine le 8 février 2008, à savoir un contact eau/métal en fusion dû à la présence d'eau introduite avec un big-bag de poussières recyclées en interne. Ces emballages sont entreposés en extérieur. La consigne, qui interdit l'utilisation de sacs de poussières ayant séjourné plus de 24 heures à l'air libre, n'aurait pas été respectée. L'exploitant renforce les procédures et la vigilance pour l'enfournement de matières dans le four.

INONDATION D'UNE FOSSE À LAITIER


25 juin 2011, Feurs (Loire).
 Une explosion se produit à 4 h 50 au niveau du four de fusion d'une fonderie durant la maintenance corrective de sous-traitants à la suite d'une importante fuite d'eau ; deux salariés sont tués et deux autres sont légèrement blessés. L'accident est survenu après que l'apport d'eau a rempli la fosse dans laquelle un bac de 3 t de laitier refroidissait. Les bardages (fibrociment, tôles...) du bâtiment de 1 100 m² sont gravement endommagés et le four à arc de 20 t s'est soulevé



Dreal Rhône-Alpes

et repose sur le flanc. Des projections se sont éparpillées dans la rue, sur une voie ferrée et dans des jardins de riverains ; deux éléments métalliques (245 et 635 kg) sont retrouvés à une distance de 90 m. La vaporisation de 200 kg d'eau serait à l'origine de l'accident ; un phénomène de tapure dans le laitier aurait permis le contact entre sa phase liquide au cœur du bac et l'eau.

> Indices accidents



Matières dangereuses relâchées



Conséquences humaines et sociales



Conséquences économiques



Conséquences environnementales

faces » entre matières en fusion et eau de refroidissement, notamment le séchage des diverses capacités (moules, fond de fosse...), la maîtrise des eaux parasites (fuites, flaques...) sont indispensables pour réduire l'occurrence de tels événements. Des procédures et consignes d'exploitation ou d'intervention adaptées, leur connaissance et leur appropriation par les opérateurs ou autres intervenants sont des règles primordiales pour limiter la survenue d'anomalies.

La formation du personnel sur le procédé est également une nécessité afin que celui-ci puisse réagir efficacement lors du constat d'un dysfonctionnement. Un opérateur de conduite d'un four de fusion de 70 t apercevant des flammes bleues avec la caméra de surveillance (signe d'entrée d'eau dans le four), fera ainsi évacuer les salariés de la zone, quelques instants avant une explo-

sion très violente (dégâts matériels estimés à 1,6 M€...).

La limitation du nombre de personnes autour des installations au strict nécessaire, est une mesure de bon sens pour réduire les conséquences des accidents. Ainsi la présence de tiers et notamment de visiteurs pour voir une coulée à caractère « festif » doit être proscrite ou faire l'objet de mesures de protection spécifiques afin d'éviter les conséquences humaines d'un éventuel accident, comme lors d'une coulée d'une cloche en bronze de plusieurs tonnes où 26 personnes (employés et tiers) ont été blessées par les effets d'une explosion de vapeur.

Au-delà du port par les salariés des équipements de protection individuelle adaptés, l'aménagement d'enceintes de protection autour du four ou de l'opérateur, lorsqu'il est compatible avec les contraintes du

process, constitue enfin une mesure ayant démontré son efficacité pour protéger le personnel.

De toute évidence, la prévention de ces risques nécessite la mise en place de mesures techniques et organisationnelles adaptées afin de réduire le nombre des accidents ou de limiter leurs effets. Ces dispositions nécessaires ne sont cependant pas suffisantes et doivent s'accompagner d'une forte implication de la direction et de l'encadrement de l'entreprise afin que les opérateurs perçoivent que la sécurité au travail constitue un réel enjeu dans leur activité quotidienne au même titre que les résultats de production. ■

Christian Cérillac

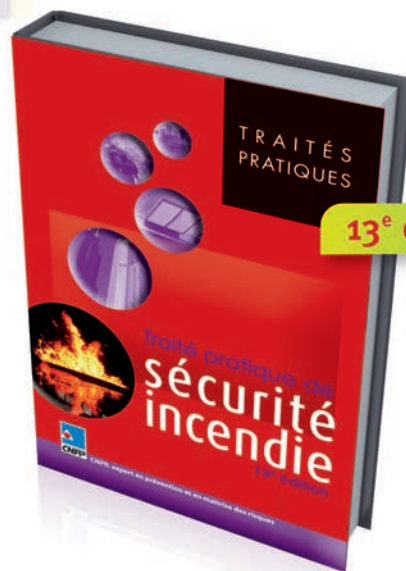
Ministère de l'Écologie,
du Développement durable
et de l'Énergie.
Bureau d'analyse des risques et
pollutions industriels (Barpi)



Collection Traités pratiques

Etes-vous à jour ?

- Faits et chiffres
- Connaissances générales
- Matériels et installations
- Réglementation
- Organisation



13^e édition

840 pages
158 € TTC



Feuilletez un extrait sur
www.cnpp.com/boutique-editions
+33 (0)2 32 53 64 34 - editions@cnpp.com

CNPP, expert en prévention et en maîtrise des risques

incendie

