

Capteurs en défaut ou défaut de capteurs ?

Omniprésents dans l'industrie, les capteurs sont à l'origine, par leur dysfonctionnement ou leur absence, de certains accidents graves causant des dommages aux personnes, aux installations et à l'environnement

Depuis plusieurs décennies, les capteurs sont devenus essentiels pour la conduite des procédés et la sécurité des installations industrielles. Cette large utilisation a été favorisée au fil du temps par des évolutions technologiques (auto-diagnostic, bus communicants...), la baisse des coûts de fabrication, mais aussi par les évolutions réglementaires visant une meilleure gestion des risques (directives Seveso, ATEX, Machines), ainsi qu'une diminution des rejets dans l'environnement (directive IPPC). Premier maillon essentiel de la chaîne automatisée, constituée également du système de traitement et des actionneurs, les capteurs apportent les informations de base nécessaires au processus décisionnel. Mais ce maillon reste un élément sensible : un examen de la base de données Oreda (voir encadré page 29) montre ainsi que 42 % des défaillances des automates de contrôle à usage pétrolier observées entre 1981 et 2009 impliquent une défaillance de capteur, seules 8 % mettent en cause la fonction traitement de l'automate.

Entre 1992 et 2011, tous secteurs d'activité confondus, 640 accidents impliquant des capteurs sur des installations industrielles fixes en France ont été répertoriés dans la base Aria. Si la majorité de ces accidents sont caractérisés par une défaillance avérée de capteur, il faut souligner que 43 % d'entre eux ont été retenus en raison de l'installation, au titre des mesures correctives, d'un ou de plusieurs capteurs sur les unités accidentées. Par ailleurs, quatre secteurs industriels se distinguent particulièrement : chimie-pharma-

cie (35 % des accidents de cet échantillon), agroalimentaire (8 %), raffinage (6 %) et métallurgie (5 %). Ces quatre secteurs utilisent ou fabriquent des matières dangereuses dans des installations fonctionnant le plus souvent en continu, fortement automatisées et conduites à distance. Les éléments qui suivent sont extraits d'une synthèse détaillée résultant de l'analyse des 345 accidents français survenus dans ces quatre secteurs. Cette synthèse est librement téléchargeable sur le site Internet Aria (voir encadré page 29). Les capteurs de paramètres spatiaux sont souvent concernés dans les accidents du raffinage, alors que les

capteurs de paramètres physiques sont particulièrement impliqués dans ceux des trois autres secteurs.

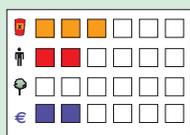
Que ce soit en raison de leur défaillance ou de leur absence, les capteurs de paramètres physiques (pression, température, poids, densité) sont ainsi prédominants dans l'accidentologie des secteurs chimie, agroalimentaire et métallurgie. L'agroalimentaire et la métallurgie se distinguent également par un grand nombre d'accidents aggravés par l'absence de capteurs de phénomènes anormaux : flamme, fumée, gaz, ATEX... (voir figure 1). A *contrario*, 39 % des accidents dans le secteur du raffinage impliquent

Réacteur chimique bardé de capteurs



QUELQUES ACCIDENTS ILLUSTRATIFS

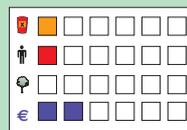
Fuite toxique non détectée



11 juin 1997. Dans les combles d'un abattoir, une fuite de 2,2 t d'ammoniac (NH_3) a lieu sur une électrovanne du circuit retour d'un surgélateur à steaks hachés. Les employés sont évacués 24 h, 40 riverains se confinent dans un périmètre de sécurité de 500 m et 20 pompiers dont une CMIC (cellule mobile d'intervention chimique) installent un rideau d'eau. La fuite est stoppée en 2 h en fermant des vannes. Les locaux sont ventilés durant 30 h. Des odeurs d'ammoniac sont perçues jusqu'à 1 km. Un technicien incommodé est hospitalisé. Les dommages matériels et pertes d'exploitation sont évalués à 4,5 MF. L'unité de réfrigération en service depuis 1 mois utilise 8,5 t d'ammoniac. L'électrovanne fixée par 8 boulons est sans emboîtement et dispose d'un nouveau type de joint plat (abandon des joints amiantés) qui s'est rompu sous la pression d'ammoniac. Des mesures dynamométriques révèlent le serrage moindre de 2 boulons. Des contre-écrous sont préconisés pour bloquer le serrage.

Les experts retiennent une fuite alimentée, vanne amont ouverte manuellement et non totalement refermée avant l'accident, limitant ainsi l'effet de la sécurité positive. Les trappes d'extraction évacuant l'ammoniac à l'extérieur n'ont pas fonctionné à la suite d'un branchement électrique défaillant. L'enquête révèle plusieurs anomalies : alarme sonore générale non asservie aux détecteurs NH_3 dont le nombre et les emplacements ne donnent pas un dispositif de détection garantissant la sécurité des personnes.

Explosion de four faute d'instrumentation adaptée



8 juin 2007. Dans une aciérie électrique, l'opérateur de conduite du four de fusion (70t) aperçoit des flammes bleues avec la caméra de surveillance, signe de la présence d'eau dans le four. Il ferme le volet de sécurité devant la vitre de séparation entre la cabine de commande et l'enceinte du four et fait évacuer les salariés du secteur.

Une violente explosion a lieu quelques instants plus tard à la suite du contact eau / métal en fusion. Une fuite d'eau avait été constatée dans l'après-midi sur deux flexibles de retour de refroidissement de la voûte du four. L'un avait été changé et, pour pallier la défaillance du deuxième, le circuit de retour de secours avait été mis en service. La vanne d'eau de ce circuit n'ayant pas été ouverte, un dysfonctionnement du système de refroidissement a provoqué le percement d'un tube et l'entrée d'eau dans le four... Les dommages matériels et pertes d'exploitation sont évalués à 2,3 M€.

L'enquête révèle une organisation insuffisante des travaux de maintenance des flexibles d'alimentation en eau de la voûte du four (procédures, gestion des intervenants, surveillance...), une instrumentation ne permettant pas de contrôler l'efficacité du refroidissement de la voûte et l'intégrité du circuit d'eau (aucune mesure de variation de température, de pression), l'absence d'instrumentation du circuit de refroidissement de secours. L'exploitant prévoit l'instrumentation du circuit de secours, la révision de l'organisation de la maintenance, la mise en place d'un détecteur hydrogène et une étude sur l'instrumentation des circuits de refroidissement.

Indices accidents :



Matières dangereuses relâchées



Conséquences humaines et sociales,

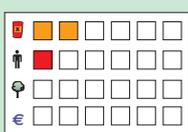


Conséquences environnementales,



Conséquences économiques.

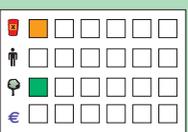
Redémarrage sans capteur de pression



13 août 2009. De l'ammoniac (NH_3) est émis par un événement de l'atelier de liquéfaction de dioxyde de carbone (CO_2) d'une usine chimique... 24 personnes sont incommodées dont 4 hospitalisées par précaution. Le CO_2 est liquéfié à l'aide d'un circuit de réfrigération mettant en œuvre 5 t d'ammoniac. L'atelier étant à l'arrêt, un transmetteur de pression avait été démonté la veille pour maintenance sur le circuit de compression haute pression de l'ammoniac. Ce

transmetteur a une double fonction : il permet de réguler la pression du circuit de réfrigération à une valeur consigne de 13 bar et assure la sécurité de l'installation avec une valeur de déclenchement fixée à 14 bar. L'atelier redémarre le matin suivant alors que le transmetteur est toujours en révision. Sans régulation ni sécurité, le système a divergé et le circuit NH_3 est monté en température et pression. Via la soupape du circuit, 200 kg d'ammoniac ont été rejetés par un événement à 17 m de hauteur.

Détecteur en défaut



21 juillet 2003. Dans le cadre d'une opération de maintenance dans une raffinerie, un test est réalisé sur une vanne permettant en cas de fortes pluies d'orage de contourner le traitement des eaux industrielles pour un rejet direct dans le milieu ; souhaitant vérifier son étanchéité, les opérateurs mettent en charge la canalisation en la remplissant d'eau polluée par un hydrocarbure (HC) de type gazole. Le détecteur d'hydrocarbure situé en aval ne signale pas le passage du fluide et une pollution de l'étier est découverte trois jours plus tard.

La vanne était en position ouverte et 350 m³ d'eau se sont déversés dans le milieu naturel sans que le détecteur ne le signale. Compte-tenu de l'influence de la marée, montante au moment des faits, seule une faible fraction d'hydrocarbure a remonté la Loire sur une distance réduite, 150 à 200 m³ du produit restant dans l'étier.

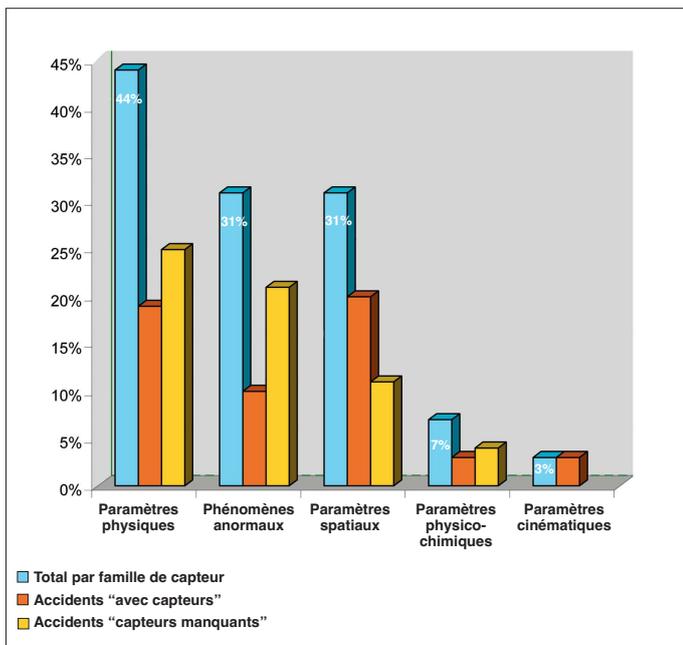


Figure 1 - Répartition des accidents dans la métallurgie impliquant des capteurs, selon leur famille

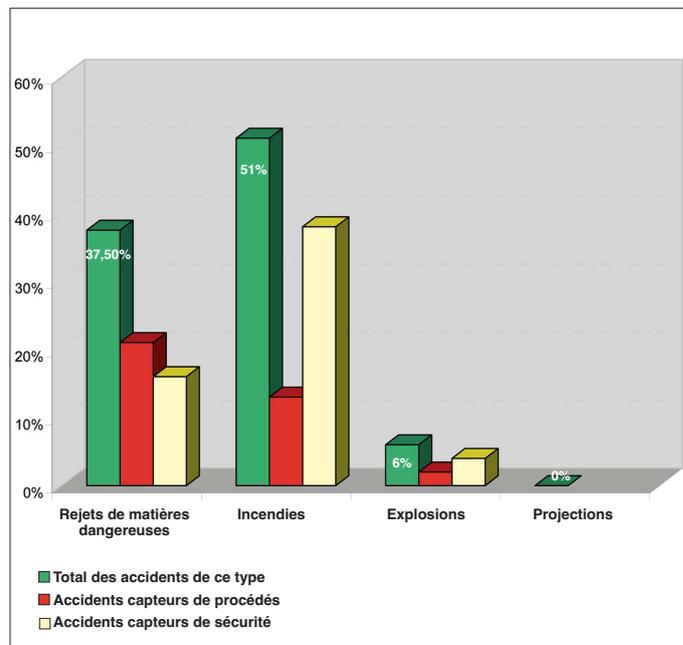


Figure 2 - Répartition des types d'accidents dans l'agroalimentaire selon l'usage des capteurs

des défaillances de capteurs de paramètres spatiaux (de niveau, principalement) et 8 % leur absence. Cette faible proportion d'accidents liés à l'absence de capteur illustre le bon niveau d'équipement en capteurs de ce secteur industriel.

La répartition des accidents par secteur selon le type d'accident et l'usage du capteur défaillant ou absent (contrôle de procédé ou fonction de sécurité) montre, d'une part, que le type d'accident de capteurs le plus fréquemment rencontré est le rejet de matières dangereuses (par opposition aux incendies et explosions) et, d'autre part, que les capteurs concernés (c'est-à-dire défaillants ou absents) sont majoritairement des capteurs de procédé. Le secteur de l'agroalimentaire constitue toutefois une exception, avec une prédominance des incendies (51 % des accidents de capteurs de ce secteur) impliquant majoritairement des capteurs de sécurité

(voir figure 2). Enfin, la faible implication des capteurs de sécurité dans les accidents de raffineries françaises confirme le bon niveau d'équipement de ce secteur.

Des conséquences avant tout environnementales

Les accidents impliquant des capteurs, aux premiers rangs desquels figurent, on l'a vu, les rejets de matières dangereuses, entraînent le plus souvent des pollutions environnementales. De telles pollutions sont ainsi constatées dans plus de 45 % des accidents impliquant la chimie-pharmacie et le raffinage. Toutefois, l'analyse révèle une influence défavorable des défaillances et absences de capteurs sur les conséquences humaines des accidents mettant en cause l'agroalimentaire et la métallurgie ; un effort d'équipement en capteurs pourrait être une piste à étudier pour réduire la gravité humaine des accidents dans ces secteurs.

Des phases de mise en arrêt et de démarrage particulièrement sensibles

Les phases de mise en arrêt et de démarrage posent des difficultés pour les capteurs qui se trouvent en limite ou en dehors de leurs plages normales de fonctionnement. En dehors de ces plages, les réactions des cap-

teurs sont en effet moins bien connues et susceptibles de provoquer ou d'aggraver une situation accidentelle, surtout quand le système de conduite des installations est fortement automatisé. Le secteur du raffinage s'illustre ainsi par l'importance des accidents lors des phases d'arrêt prolongé propices aux oublis de branchement, shunts et endommagements de capteurs (voir les résumés d'accidents illustratifs page 28). Cet article montre que les capteurs permettent d'améliorer le niveau de sécurité des installations et des procédés industriels, même si des différences notables peuvent apparaître entre les différents secteurs étudiés : taux d'équipement, typologie et gravité des accidents...

Dans quelle mesure cet apport bénéfique peut-il être amplifié ou au contraire neutralisé par les hommes et les organisations qui les utilisent ? Cette thématique sera développée dans un prochain article centré sur les causes et circonstances des dysfonctionnements de ces équipements dont la présence est aujourd'hui incontournable dans les installations industrielles. ■

Didier Pitrat

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

EN SAVOIR PLUS

- *Offshore reliability data handbook* (Oreda), 5^e édition, 2009, 835 pages, ISBN 9788214027051
- « Le capteur, un allié de la sécurité ? », 2012, 30 pages. Téléchargeable librement sur www.aria.developpement-durable.gouv.fr