



Maintenance et gestion du changement

sur les installations à risque
Guide pratique



**Comité international de
l'AISS pour la prévention
des risques professionnels
dans l'industrie chimique**

**Comité international de l'AISS
pour la sécurité des machines et
des systèmes**

L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE LA SECURITE SOCIALE (AISS)

compte plus de 350 membres (services gouvernementaux et institutions) représentant plus de 150 pays ; près de la moitié de ses membres ont des missions dans le domaine de la sécurité au travail. L'AISS a son siège à Genève, au Bureau international du travail. Son objectif principal est de promouvoir et de développer la SECURITE SOCIALE dans le monde.

Chargé de promouvoir la santé et la sécurité au travail dans les entreprises de l'industrie chimique (y compris les industries des matières plastiques, des explosifs, du pétrole et du caoutchouc), le



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS POUR LA PREVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE

a été constitué en 1970. La présidence et le secrétariat de ce comité sont assurés par la Caisse allemande d'assurance et de prévention des risques professionnels dans l'industrie chimique (Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 69115 Heidelberg, Allemagne).

Afin d'améliorer la sécurité et la santé au travail dans les entreprises, un comité spécialisé, le



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS POUR LA SECURITE DES MACHINES ET DES SYSTEMES

a été constitué en 1975. Il s'occupe des questions relatives à la sécurité des machines, installations et systèmes. La présidence et le secrétariat de ce comité sont assurés par la Caisse allemande d'assurance et de prévention des risques professionnels pour le secteur de l'alimentation et de la restauration (Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, 68165 Mannheim, Allemagne).

Maintenance et gestion du changement

sur les installations à risque

Guide pratique

EDITEUR :

Comité international de l'AISS pour la prévention des risques professionnels dans l'industrie chimique.

Kurfürsten Anlage 62, 69115 Heidelberg, Allemagne.



Avant-propos

παντα ρει - [panta rei] - tout coule. Ce mot du philosophe grec Héraclite (vers 500 avant J.C.) traduit mieux que tout autre la fièvre qui caractérise notre époque. Tout est en devenir, tout change en permanence. Cette tendance touche aussi les installations de process : adaptation aux besoins du client, mise en œuvre d'idées nouvelles et améliorations constantes, dans le cadre de la gestion de la qualité, nécessitent des modifications continues.

Les opérations de maintenance indispensables au bon fonctionnement de l'existant et les changements imposés par l'innovation font le quotidien de tout responsable d'installation. Machines et installations occupent dans ce cadre une place importante, mais il faut aussi veiller à la santé des salariés, à la protection de l'environnement et à l'absence de nuisances pour le voisinage. La prévention des risques professionnels, comme la sécurité des installations, passent par l'appréciation des risques, qui fait l'objet de nombreux textes normatifs et réglementaires.

Sur le terrain, malheureusement, cette exigence n'est pas toujours entendue : les travaux de maintenance comptent parmi les premières causes d'accident, et les modifications apportées aux processus provoquent des accidents graves dont les conséquences vont bien au-delà du cadre de l'entreprise. Aux conséquences humaines s'ajoutent souvent des conséquences juridiques. Accidents, pannes et événements divers, qui se traduisent dans bien des cas par des arrêts de production et des dommages économiques, peuvent nuire à l'image de l'entreprise au point de compromettre sa survie. Pour le chef d'entreprise, la prévention des accidents et de leurs conséquences sociales, juridiques et économiques doit donc faire partie intégrante de toute stratégie d'optimisation.

L'Association internationale de la Sécurité sociale (AISS) s'est fixé pour mission de contribuer à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, par des échanges d'expériences, des publications et des colloques. L'objet de cette brochure est de faire mieux connaître les risques liés aux activités de maintenance et aux changements apportés aux installations, et de proposer des solutions pratiques pour la prévention de ces risques. ■



Dr. Erwin Radek



Norbert Weis

Dr. Erwin Radek,
Président du
Comité AISS Chimie

Norbert Weis,
Président du
Comité AISS Sécurité des
machines et des systèmes

Collaborateurs et auteurs

- PRÉSIDENT DU GROUPE DE TRAVAIL** Dr. Joachim Sommer
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg
- PARTICIPATION** BASF AG, Ludwigshafen
BASF AG, Ludwigshafen
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG Chemie), Heidelberg
Clariant Produkte (Allemagne) GmbH, Sulzbach
Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Paris et Nancy
Siemens AG, Nuremberg
Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva), Lucerne
Wacker Chemie AG, Burghausen
- AUTEURS** Dr Jean-Christophe Blaise
Martine Bloch
Rolf Bösch
Rudolf Kappelmaier
Dr Franz-Josef Müsseler
Bernard Mysliwicz
Dr Klaus-Jürgen Niemitz
Dr Joachim Sommer
- CONTRIBUTIONS** Udo Baitinger
Dr Philippe Charpentier
Stephan Rohn
Dr Ruedi Rügsegger
- MAQUETTE ET GRAPHISME** Jedermann-Verlag, Heidelberg
- MAQUETTE ET GRAPHISME** Peter Nardo, Mannheim/Heidelberg
- IMPRESSION** M+M Druck GmbH, Heidelberg

Sommaire

AVANT-PROPOS	5
COLLABORATEURS ET AUTEURS	6
EXPOSÉ DU PROBLÈME	8
MAINTENANCE ET CHANGEMENT SOUS L'ANGLE DES RISQUES INDUSTRIELS	11
DES PROBLÈMES PRÉVISIBLES MAIS NON IDENTIFIÉS LORS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE ET DES CHANGEMENTS	17
GESTION DU CHANGEMENT (MANAGEMENT OF CHANGE – MOC)	21
La fiche de suivi des travaux: un outil pour le MOC	23
MOC et gestion des pannes	26
Éléments à prendre en compte dans le cadre du MOC	27
Maintenance à échelle majeure: arrêt programmé de parties d'installations	32
Autorisation de remise en service après modification des installations	33
ASPECTS RELATFS À LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DANS LA PRÉPARATION ET LA CONDUITE DES TRAVAUX	34
Systèmes d'autorisation de travail à certains postes	38
Exemples de mise en sécurité par l'interruption des alimentations en énergie électrique: le sectionneur de sécurité	41
Réglage et mise en marche	42
Mesures à prendre à la fin de l'intervention	43
Importance de la culture de la sécurité	44
RÉCITS D'ACCIDENTS	50
GLOSSAIRE	67
Analyse des risques, sécurité	67
Maintenance	67
Changements apportés à des installations et équipements de travail	67
Gestion du changement (Management of Change – MOC)	69
BIBLIOGRAPHIE	70
Brochures et publications	70
Normes	71

Exposé du problème

Comme la plupart des produits, machines et installations sont sujettes au vieillissement et à l'usure. Sur les installations industrielles, les mesures de maintenance ont pour objet de maîtriser ces processus. Conformément à la norme NF EN 13306, le terme de « maintenance » s'applique dans cette brochure à l'ensemble des mesures techniques et administratives visant à préserver ou à rétablir une machine ou une installation dans un état dans lequel elle peut accomplir la fonction requise. Ce terme recouvre la maintenance préventive – incluant notamment l'entretien et les essais de fonctionnement – et la maintenance corrective – réparation et dépannage.

On traitera également dans cette brochure des changements apportés de façon intentionnelle et ciblée, afin d'optimiser les installations, les procédés et les processus.

Figure 1 :

Les opérations de maintenance et les modifications de processus ou d'installations se situent à l'interface entre le produit, le système technique et l'homme



Les installations de process se caractérisent par l'extrême complexité des appareillages, tuyauteries, produits et paramètres du processus, avec lesquels interfèrent les opérateurs. Maintenance et changement nécessitent donc d'intervenir dans un système complexe d'interactions entre le produit, le système technique et l'opérateur (figure 1). Outre la sécurité du travail, les opérations de maintenance ou de modification peuvent aussi compromettre la sécurité des installations, avec les risques que cela comporte pour l'environnement et les tiers. Analyse et évaluation des risques sont donc un préalable indispensable à toute intervention.

Sur les installations de process, bon nombre de modifications sont apportées dans le cadre de la maintenance à échelle majeure, parfois parallèlement à celle-ci et par le même personnel. Du point de vue de la sécurité des installations, maintenance et changement sont souvent indissociables. L'intervention peut nécessiter la mise en œuvre de mesures provisoires ou l'arrêt de parties importantes de l'installation ; les conditions de fonctionnement normal s'en trouvent modifiées, ce qui peut compromettre la sécurité et doit donc donner lieu dans chaque cas à une évaluation des risques.

Toute intervention peut modifier les facteurs de risque existants, ou créer de nouveaux risques liés à des modifications involontaires ou à des modifications apportées volontairement mais sans analyse approfondie des interactions en résultant. Même des interventions apparemment mineures peuvent induire des modifications compromettant la sécurité. L'évaluation des risques doit donc tenir compte de la spécificité des travaux de maintenance, pour que l'analyse des interactions permette d'identifier l'incidence des travaux sur la nature et l'ampleur des risques. Il est en outre primordial que l'intervention ne dépasse pas le cadre prévu, qu'elle soit réalisée avec les moyens techniques prévus et qu'elle n'excède pas la durée prévue.

Exposé du problème

La présente brochure répond à deux objectifs :

- mettre en évidence les facteurs de risque liés à la maintenance et aux changements, en particulier sur les installations de process, et
- proposer des solutions pour la sécurité des salariés, du voisinage et de l'environnement et la protection des biens, grâce notamment à l'utilisation d'outils permettant une gestion rationnelle et sûre des interventions de maintenance et des changements.

Les systèmes de gestion décrits ici ont pour objet d'apporter les réponses organisationnelles à la question suivante : « **qui fait quoi, quand, comment et pourquoi ?** ». L'établissement et le respect d'un programme d'intervention sont la garantie d'une démarche systématique, tant lors de l'intervention que dans la mise à jour de la documentation, et ce quelle que soit la taille de l'entreprise.

Cette brochure s'adresse aux responsables chargés de planifier et de coordonner les travaux de maintenance ou de modification des installations, ainsi qu'aux opérateurs de maintenance chargés de réaliser ces travaux. On ne traitera pas ici des mesures classiques de prévention des risques professionnels. Quant aux méthodes d'appréciation et d'analyse des risques sur les installations industrielles, elles sont décrites dans d'autres publications de l'AISS [1].



Pour toute intervention sur une installation, la sécurité doit être assurée ; cette exigence s'applique non seulement à la réalisation des travaux (et aux mesures provisoires éventuelles au cours des travaux), mais aussi à l'installation après remise en service.



Maintenance et changement sous l'angle des risques industriels



Les accidents graves surviennent dans bien des cas lors d'interventions de maintenance ou de modification des installations insuffisamment planifiées, associées à des défaillances imprévues et à des tentatives infructueuses de remédier à ces défaillances. La recherche du profit à tout prix, en particulier, peut provoquer des catastrophes.



La catastrophe de FLIXBOROUGH – 1974

L'usine de Flixborough (Angleterre) produit du Caprolactame destiné à la fabrication de nylon. Pour cela, un processus d'oxydation de cyclohexane en continu se déroule dans une grande installation comportant six réacteurs en cascade. Lorsque le réacteur 5 présente une fissure entraînant une fuite de cyclohexane, la direction de l'établissement décide de relier directement le réacteur 4 au réacteur 6 par un bypass provisoire, pour ne pas avoir à



[photo : dpa/picture-alliance]

Figure 2 :
Explosion à Flixborough

Maintenance et changement sous l'angle des risques industriels

interrompre la production pendant la réparation. L'intervention est décidée et menée à la hâte. Les tuyaux présentant le diamètre spécifié pour le bypass n'étant pas disponibles, on utilise des tuyaux de diamètre plus réduit, avec des adaptateurs flexibles. Aucun calcul de résistance n'est réalisé.

Le 1er juin 1974, la conduite provisoire reliant les deux réacteurs cède, provoquant une fuite de 50 tonnes de cyclohexane et une explosion d'une puissance équivalente à celle de 15 à 45 tonnes de TNT. Le site de l'entreprise, d'une surface de 24 ha, est dévasté, les flammes atteignent une hauteur de 100 m. On déplore 28 morts et 89 blessés ; dans un rayon de 3,5 km, 90 % des bâtiments et des habitations subissent des dommages.

La catastrophe de BHOPAL – 1984

Dans la nuit du 2 décembre 1984, à Bhopal, une fuite sur un réservoir de stockage d'une usine d'herbicide libère dans l'atmosphère près de 20 tonnes d'isocyanate de méthyle, hautement toxique. Le gaz se répand rapidement dans les quartiers d'habitation proches de l'entreprise. Le bilan du plus grave accident chimique de tous les temps est catastrophique :

- Près de 4000 morts dans les heures qui suivent l'accident, plus de 7000 morts en quelques jours, 15 000 décès directement imputables à la fuite de gaz dans les années qui suivent
- Près de 100 000 personnes atteintes d'affections chroniques incurables
- Près de 570 000 victimes directes ou indirectes

Vingt ans après la catastrophe, de nombreuses analyses des circonstances de l'accident ont été publiées [7, 8]. Citons notamment un article de la Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) paru sous le titre « Une ville meurtrie » :

«... En très peu de temps, la nouvelle direction de l'usine procède à d'importantes réductions de personnel, passant de près de 1000 à 642 salariés. Dans l'unité de production d'isocyanate de méthyle, un secteur particulièrement sensible, les effectifs sont même divisés par deux. Des personnels non qualifiés sont affectés à des postes de techniciens, et certaines fonctions clés sont confiées à des salariés incapables de



[photo: Greenpeace]

Figure 3 :
Site de la catastrophe de
Bhopal 20 ans plus tard

comprendre les instructions d'exploitation en anglais. Les interventions de maintenance se font de plus en plus rares, les pièces d'usure ne sont plus remplacées tous les six mois, mais seulement une fois par an, des tuyauteries en aciers spéciaux sont remplacées par des matériaux moins coûteux, les fuites ne sont réparées que lorsqu'elles atteignent des proportions inquiétantes. Mais surtout, les deux responsables réduisent les coûteux systèmes d'alarme et de mise en sécurité, pour économiser quelques roupies sur l'électricité et les produits de refroidissement.

Lorsque, le soir du 2 décembre, les systèmes d'alarme lumineuse qui n'ont pas été supprimés clignotent, personne ne prend la chose au sérieux dans un premier temps. Ce n'est qu'au bout de quelques heures que l'équipe de garde réalise qu'apparemment, de l'eau a pénétré accidentellement dans les réservoirs, du fait d'une intervention de nettoyage menée en dépit des règles, et de la présence de vannes défectueuses. La réaction chimique, dévastatrice, ne peut plus être empêchée. »

Maintenance et changement sous l'angle des risques industriels

La catastrophe de PIPER ALPHA – 1988

Conçue exclusivement, à l'origine, pour l'exploitation de pétrole, puis équipée pour permettre également l'exploitation de gaz, la plate-forme de forage Piper Alpha, en mer du Nord, sert en outre de relais à deux plates-formes d'extraction de pétrole et de gaz, dont la production est acheminée vers le continent via Piper Alpha. Au cours de l'été 1988, une nouvelle conduite de gaz est installée ; de plus, de nombreuses réparations sont nécessaires, car il n'y a pas eu d'intervention de maintenance à échelle majeure depuis longtemps. Mais contrairement aux fois précédentes, il est décidé de ne pas réduire l'activité.

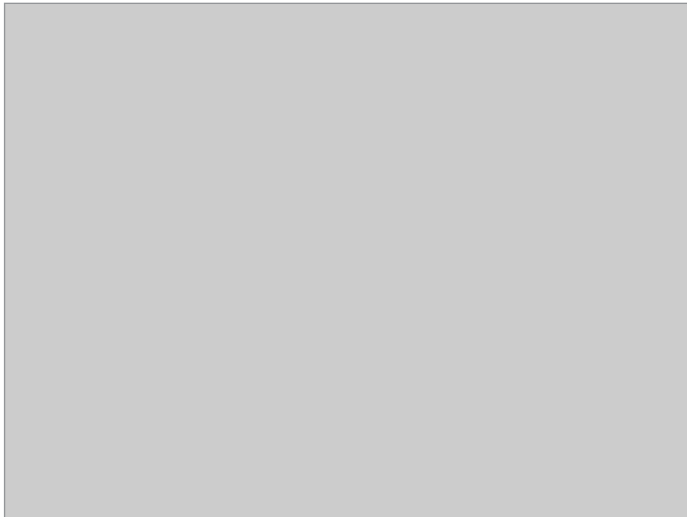
La plate-forme comporte deux grands compresseurs (A et B) servant à comprimer le gaz extrait avant son transport vers la côte, qui jouent donc un rôle crucial du point de vue économique. Le 6 juillet 1988 au matin, une soupape de décharge est retirée du compresseur A pour révision. Le service responsable des équipements de sécurité a autorisé l'intervention. Le travail ne pouvant pas être achevé avant la fin du poste, la conduite laissée ouverte est obturée sommairement et l'opérateur remplit un formulaire indiquant que le compresseur n'est pas en état de fonctionner. Il dépose ce formulaire au service de sécurité, mais n'informe pas directement le responsable présent.

Tard le soir, le compresseur B tombe en panne et l'on décide d'utiliser le compresseur A. Le gaz qui s'échappe par l'extrémité de la tubulure s'enflamme et provoque une première explosion. La plate-forme ayant été conçue pour l'exploitation de pétrole, les cloisons coupe-feu ne sont pas dimensionnées pour résister à la pression de l'explosion et cèdent ; des conduites de pétrole sont détruites, et le pétrole qui s'écoule commence à brûler. Cet incendie se serait probablement éteint assez rapidement s'il n'avait pas été alimenté en permanence. Or l'extraction de pétrole est arrêtée sur Piper Alpha, mais les deux autres plates-formes poursuivent l'exploitation, conformément aux ordres du continent : la direction estime trop coûteux d'interrompre la production.

Le pétrole brûle sous les conduites de gaz reliant Piper Alpha aux autres plates-formes, et vingt minutes après la première explosion, l'une de ces conduites cède, puis la seconde une demi-heure plus tard. Le gaz se dégage à un débit de trois tonnes/seconde et brûle immédiatement. La chaleur fait

fondre la plate-forme, qui s'écroule ; 167 personnes trouveront la mort. Les responsables de Piper Alpha n'ont pas déclenché les procédures d'évacuation ; les secours ne peuvent pas approcher à cause de la chaleur. Ce n'est qu'après les explosions que les autres plates-formes interrompent enfin le pompage.

L'accident de Piper Alpha, le plus grave enregistré à ce jour sur une plate-forme de forage, est devenu l'exemple type de la façon dont un enchaînement d'erreurs au niveau de la planification, de la conduite de l'intervention et du management peut conduire à la catastrophe. Pour l'exploitant de la plate-forme aussi, les conséquences ont été catastrophiques, tant du point de vue économique que du point de vue de l'image de marque de l'entreprise.



[photo: dpa/picture-alliance]

Figure 4 :
Explosion sur Piper Alpha

Maintenance et changement sous l'angle des risques industriels

Ces exemples mettent en évidence trois types d'erreurs que l'on retrouve jusque dans les petits accidents de la vie courante :

1. Défaut de planification des interventions :

- modification d'une conduite
- mise en place d'une nouvelle direction dans une unité de production
- adaptation d'une plate-forme pétrolière à l'exploitation de gaz

2. Défaut de communication :

- non-respect des spécifications internes
- gestion de la sécurité insuffisante, voire inexistante, plans d'alarme et d'urgence insuffisants
- lacunes dans les procédures d'autorisation de travail

3. Décisions contraires à la sécurité prises pour des raisons économiques :

- poursuite de la production lors des travaux de maintenance
- lente dégradation des équipements après des années de fonctionnement à l'économie (déficiences en matière de maintenance)
- recrutement inadapté, manque d'expérience et de formation du personnel
- systèmes de sécurité hors service, dispositifs de protection et de surveillance (alarmes) neutralisés

Des problèmes prévisibles mais non identifiés lors des opérations de maintenance et des changements

Lors de la planification et de la conduite de travaux de maintenance, il n'est pas rare que l'on ait une vision claire de l'objectif, mais que l'on oublie les obstacles et les pièges à déjouer pour y parvenir. Bien des problèmes qui se révèlent parfois de façon totalement inopinée sont pourtant parfaitement prévisibles et pourraient être évités si l'on prenait le temps de réfléchir. Les erreurs commises lors de la maintenance, notamment, peuvent être à l'origine de modifications intempestives ayant une incidence sur la sécurité. On trouvera en annexe des exemples illustrant ces propos.

Ces exemples montrent que les effets des modifications apportées, même lorsque celles-ci sont intentionnelles, peuvent ne pas être identifiés si l'analyse et l'évaluation des risques n'ont pas été menées correctement. Il faut notamment être attentif aux effets conjoints de modifications mineures n'ayant chacune que peu d'incidence sur la sécurité.

Une erreur fréquente consiste à modifier des éléments de façon involontaire ou sans avoir évalué les conséquences possibles :

- Produits utilisés
- Paramètres du processus
- Caractéristiques de l'appareillage
- ...

Selon le potentiel de risque, une intervention apparemment mineure peut engendrer une situation catastrophique. Comme le montre l'analyse de nombreux accidents :



Tout écart par rapport à la procédure initialement prévue et dûment planifiée se traduit par des modifications touchant à la sécurité de l'installation, qu'il convient d'analyser avant l'intervention. Toute modification involontaire ou improvisée doit impérativement être évitée.



Des problèmes prévisibles mais non identifiés lors des opérations de maintenance et des changements

La planification n'est pas le seul facteur influant sur la sécurité des interventions de maintenance. Les figures 5 et 6, tirées de l'analyse de 93 accidents de « dépannage », illustrent d'une part la répartition des accidents selon les phases d'une activité de maintenance corrective sur des machines et, d'autre part, les différents facteurs ayant contribué à l'accident [2].

Figure 5 :
Fréquence des accidents selon les phases de l'activité de maintenance

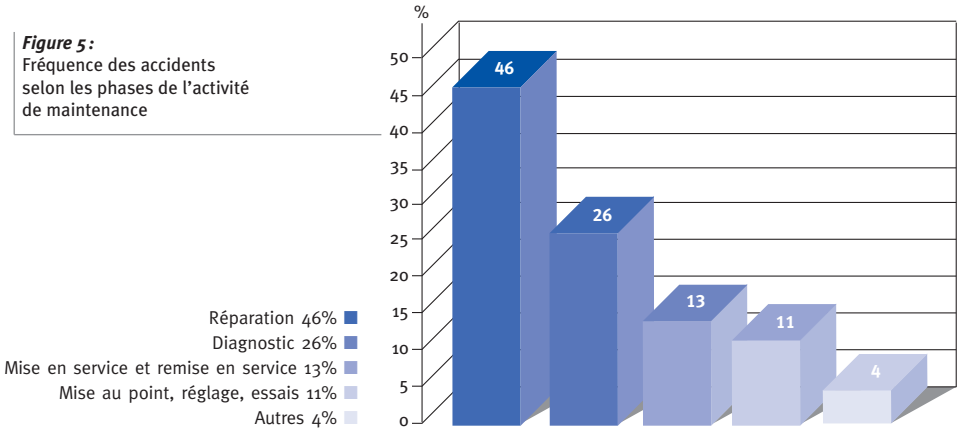
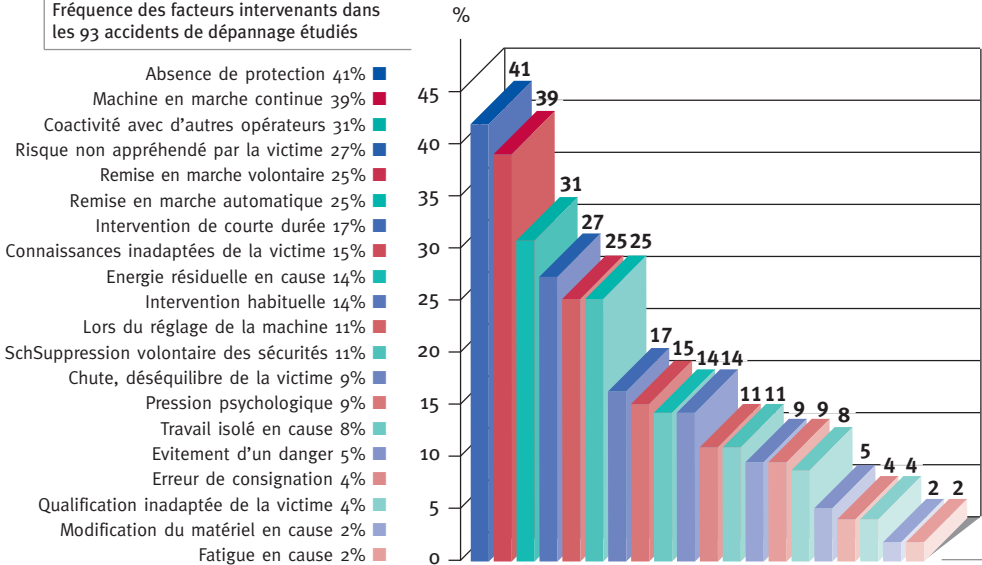


Figure 6 :
Fréquence des facteurs intervenants dans les 93 accidents de dépannage étudiés



Ces chiffres, sans prétendre à aucune représentation statistique, permettent tout de même de dresser quelques constats principaux :

- près de 75 % des accidents étudiés sont dus soit à une intervention machine en marche continue, soit à une remise en marche (automatique ou volontaire)
- 41 % des accidents étudiés sont dus à l'absence des dispositifs de protection normalement imposés par la réglementation, donc à une machine non conforme. Certaines zones sont, en effet, non accessibles dans un cycle de production, mais en situation de maintenance, un opérateur doit y accéder
- près de 30 % des accidents étudiés sont dus à la présence de plusieurs opérateurs sur l'installation et à un manque de coordination entre eux; ce sont les problèmes de co-activité
- près de 25 % des accidents étudiés ont lieu lors de la phase diagnostic, sans parler des accidents en intervention de maintenance provoqués en partie par un diagnostic erroné

Du point de vue de la sécurité, une série de facteurs participent directement ou non à une augmentation du risque lors des interventions de maintenance en général et de gestion des pannes en particulier. Dans bien des cas, le report, voire la non-réalisation des mesures de maintenance requises joue un rôle décisif. L'intervention se caractérise alors par une pression temporelle forte due à un ensemble de facteurs organisationnels et socio-économiques – notamment des impératifs de disponibilité du système – ayant pour conséquence :

- une analyse insuffisante des conditions de l'intervention avant le début du travail,
- la réalisation de solutions de maintenance provisoires car, à court terme (et bien souvent uniquement à court terme !), elles sont moins coûteuses en temps,
- des lacunes dans la mise à jour de la documentation après l'intervention.

A partir de récits d'accidents industriels, de données statistiques établies par une CRAM [3] et, plus généralement, des données de l'expérience, il est possible de formuler un certain nombre de recommandations relatives aux mesures de sécurité applicables lors des interventions de maintenance et de modification des installations :

Source des figures 5 et 6 : [3]

Des problèmes prévisibles mais non identifiés lors des opérations de maintenance et des changements

Mesures de sécurité lors des travaux de maintenance ou de modification des installations :

- Analyse systématique des risques avant la mise en service ou hors service (à titre provisoire) de parties d'installations
- Mesures techniques destinées à empêcher les erreurs prévisibles
- Information sur les risques, en particulier lors de la transmission des consignes de travail et lors de la formation des salariés
- Contrôles à la fin des travaux : l'efficacité des dispositifs de protection doit être contrôlée avant la remise en service
- Mise à jour de la documentation après l'intervention

Lors de l'application de ces mesures de sécurité, il convient d'abord de se demander si avant, pendant ou après l'intervention, les modifications apportées auront un impact sur la sécurité. Un système de gestion du changement (« Management of Change – MOC ») constitue un instrument utile pour ce type de démarche. Les fiches de suivi de travaux, notamment, contribuent à la prise en compte de tous les aspects relatifs à la sécurité et au respect des procédures d'autorisation en cas de modification des installations.

Même si l'intervention n'a pas pour objet de modifier les mesures de sécurité mises en œuvre, toute intervention sur une installation doit donner lieu à une analyse des risques. Le chapitre Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux énumère les divers aspects à prendre en compte dans ce cadre. L'autorisation de travail (permis de feu, par exemple) est un outil important, qui doit permettre d'éviter la neutralisation totale ou partielle des mesures de sécurité mises en œuvre et d'assurer la sécurité lors de l'intervention.

Les chapitres suivants décrivent ces divers instruments. En principe complémentaires, ils visent à faire en sorte que l'installation soit toujours dans un état sûr et que les travaux puissent être réalisés sans risques.

Gestion du changement

Alors que les aspects relatifs à la sécurité sont généralement bien pris en compte en fonctionnement normal, du fait des démarches d'analyse de risque et de l'expérience acquise par les opérateurs, les autres modes de fonctionnement doivent impérativement faire l'objet d'une analyse spécifique et systématique qui considère le moindre détail. Bien souvent, les accidents surviennent à la suite de modifications qui ont été planifiées mais dont la réalisation n'a pas fait l'objet

- d'une évaluation satisfaisante des risques pour les opérateurs ou
 - d'une analyse adaptée de la sécurité de l'installation,
- ou qui a comporté de graves défauts de communication ou d'exécution.

La démarche de gestion du changement (Management of Change, MOC) a pour objet d'assurer la sécurité lorsque des modifications sont apportées à une installation. La nécessité d'une telle démarche est inscrite dans la réglementation européenne sur les accidents majeurs (Directive Seveso II) et, aux Etats-Unis, dans le Code of Federal Regulations, qui a introduit la notion de MOC. Il s'agit d'assurer la sécurité lors du processus de modification, mais aussi la sécurité après l'intervention. Faisant appel à un « système d'information » destiné à prévenir les failles dans la communication, il permet, à partir d'une analyse a priori conduite par une équipe pluridisciplinaire, une mise en œuvre sûre, concertée et donc efficiente des mesures destinées à modifier les systèmes complexes.



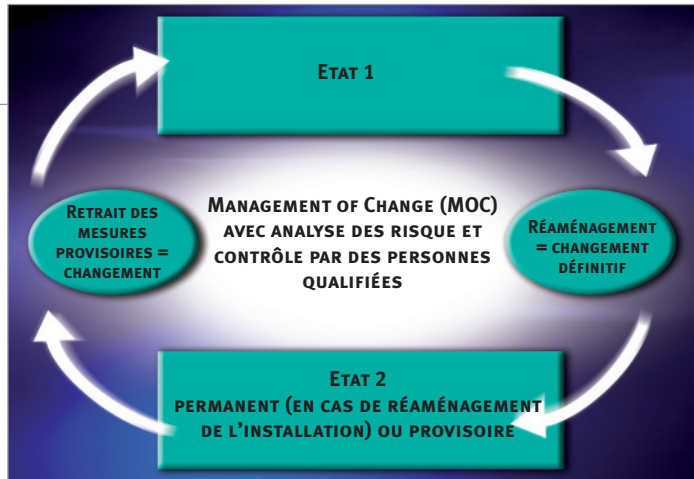
Attention : un système de gestion, si élaboré soit-il, ne saurait remplacer le savoir-faire des intervenants, qui est la résultante de leur qualification et de leur expérience.

Les systèmes de gestion ont pour seule fonction d'aider les spécialistes à ne pas oublier d'élément important et à être plus efficaces.



Gestion du changement

Figure 7:
Management of Change –
pour une gestion du
changement en sécurité



Un changement géré par une démarche de type MOC est un processus ciblé permettant de passer en sécurité d'un état initial conforme aux exigences de sécurité à un nouvel état également conforme aux exigences de sécurité. Ce processus s'inscrit dans le cadre des conditions normales d'utilisation (incluant la mise en service et la mise à l'arrêt de l'installation). Qu'il soit définitif ou provisoire, tout changement peut être géré par la démarche MOC. Une mesure provisoire constitue également un changement (figure 7). La démarche MOC peut aussi s'appliquer à la planification et à la conduite des interventions de maintenance préventive. Les méthodes classiques de prévention des risques professionnels et de gestion de la sécurité des installations s'intègrent parfaitement à ce processus.



Lors de la planification et de la conduite des opérations de gestion des pannes et de maintenance ou de modification des installations, il faut prendre en compte non seulement l'état théorique après l'intervention, mais aussi les risques pouvant conduire à des situations critiques avant, pendant et après l'intervention.



La fiche de suivi des travaux : un outil pour le MOC

Dans le cas le plus simple, on utilisera, pour les interventions destinées à apporter des modifications, un formulaire accompagné de consignes d'utilisation. Le tout se présente comme une sorte de liste de contrôle du flux d'information, qui doit permettre de s'assurer que tous les points importants d'une modification ont bien été traités. Formulaire et consignes d'utilisation doivent être adaptés au terrain, pour que les intéressés les perçoivent comme des instruments utiles à l'entreprise et les intègrent à leur activité quotidienne.

Pour cela, le formulaire doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Les champs doivent être adaptés à l'organisation de l'entreprise
- Le formulaire ne doit pas être surchargé
- Il doit permettre une analyse des risques claire et complète
- Il peut être complété par tout autre document utile
- Amélioré au fur et à mesure de son utilisation, le formulaire fait l'objet lui aussi d'un processus de changement constructif

Il n'y a pas, au demeurant, de modèle directement utilisable, ni de « bon » ou de « mauvais » formulaire, seulement des formulaires « utiles » ou « inutiles ». Le système doit être adapté par l'entreprise aux exigences du terrain.

Champs types d'un formulaire de modification de l'installation :

- Description de la modification (objet, motifs, objectifs)
- Informations complémentaires (délais, coûts)
- Déroulement : quelles sont les opérations à effectuer, dans quel ordre ? Planification, préparation, réalisation, fin des travaux : le formulaire doit être conçu pour que les opérations se déroulent dans cet ordre
- Documents à mettre à jour (TI, autorisations, documents relatifs à la protection contre les explosions, analyses de risques)
- Contrôles avant mise en service (systèmes de conduite de process, tuyauteries, récipients sous pression, dispositifs de remplissage)
- Autorisations de travaux, de remise en service (datées et signées)

Gestion du changement

Fiche de suivi de travaux (volet 1)						
Intervention n° :		Version n° :		Date :		
Entreprise :		Intitulé/bref descriptif de l'intervention :				
Service :						
Bâtiment :						
Responsable projet :						
Changement portant sur :						
<input type="checkbox"/> Procédé <input type="checkbox"/> Installation <input type="checkbox"/> Produit <input type="checkbox"/> Extension <input type="checkbox"/> Démontage						
Description de l'intervention (en particulier motifs et objectifs) :						
Informations complémentaires (dates et coûts, en particulier) / annexes :						
Existe-t-il une analyse de la sécurité pour l'installation ?				<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		
Si non : une analyse est-elle nécessaire ?				<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		
L'intervention a-t-elle une incidence sur les mesures de sécurité existantes ?				<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		
Facteurs de risques nouveaux / modifiés :				Mesure(s) de prévention correspondante(s) :		
Des mesures provisoires sont-elles prévues pendant les travaux (bypass, par exemple) ?				<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		
Si oui, ont-elles une incidence sur les mesures de sécurité existantes ?				<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		
Facteurs de risque liés aux mesures provisoires :				Mesure(s) de prévention correspondante(s) :		
Visa des services compétents						
Oui	Non	Service concerné	Fait le	Remarques du service	Signature	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autorisations				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sécurité du travail				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Protection de l'environnement				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conduite de process				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Assurance qualité				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alimentation en énergie				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Autorisation de travaux				Nom	Date	Signature
Responsable projet						
Responsable production						
Directeur technique						
Un permis de travail est nécessaire pour la réalisation des travaux					<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
Le volet 2 de la fiche doit impérativement être rempli avant la remise en service					<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	

Fiche de suivi de travaux (volet 2)

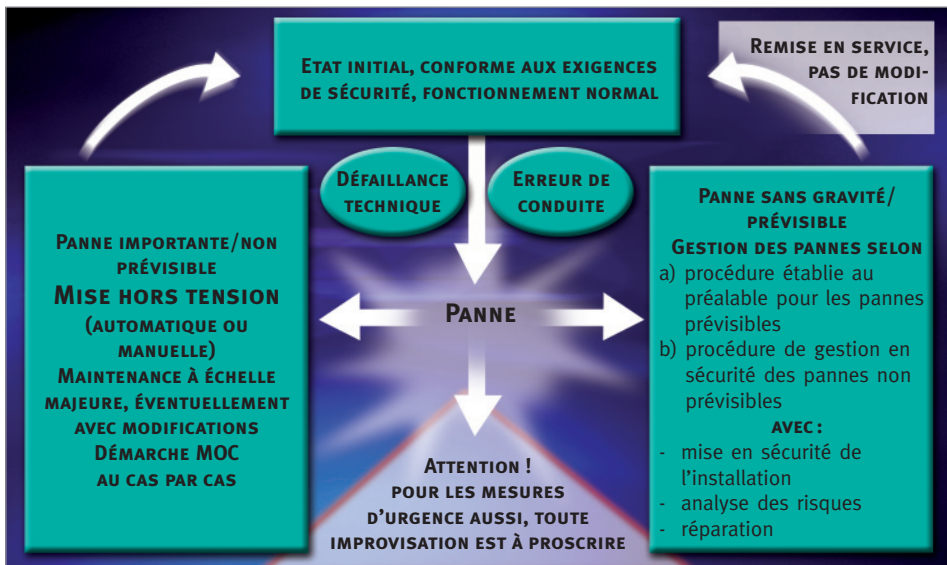
Intervention n° .. :		Version n° :	Date :		
Entreprise :		Intitulé/bref descriptif de l'intervention :			
Service :					
Bâtiment :					
Responsable projet :					
Documents à mettre à jour					
Oui	Non		Effectué par	Date	Signature
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dossiers d'autorisation / déclaration d'émission			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Analyse / évaluation des risques			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schémas TI			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plans isométriques			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plans des conduites et dispositifs enterrés			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Consignes d'exploitation / de travail			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Documents relatif à la protection contre les explosions			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Diagrammes fonctionnels			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plans de l'installation			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Programmes de vérification			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Mise à jour complète de la documentation					
Réception avec la production			Nom	Date	Signature
Avis de fin de travaux, réception des travaux		Responsable de l'exécution			
		Responsable projet			
		Responsable production			
Vérification avant remise en service					
Oui	Non		Effectué par	Date	Signature
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réceptifs sous pression / tuyauteries			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vannes de sécurité / événements de décharge			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dispositifs de protection			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autres éléments du système de conduite de process			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Remise sous tension			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Retrait des mesures provisoires			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Essai de fonctionnement / cycle avec produit adapté pour le test.....(préciser le produit)			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Autorisation de remise en service			Nom	Date	Signature
Responsable projet					
Responsable production					
Directeur technique					

MOC et gestion des pannes

Le MOC ne s'applique qu'aux modifications apportées volontairement, et non aux modifications accidentelles, par exemple dans le cadre de la gestion des pannes. En cas de panne, l'installation n'est plus conforme aux conditions normales d'utilisation, du fait d'une défaillance technique ou d'une erreur de conduite. La mise en sécurité de l'installation doit être assurée par des dispositifs de protection ou par des mesures organisationnelles. Des mesures appropriées de gestion des pannes sont ensuite mises en œuvre pour restaurer les conditions normales d'utilisation. Pour chacune de ces mesures, il faut impérativement disposer des résultats de l'analyse de risques, et éviter toute modification involontaire ou improvisée.

Lorsqu'un dépannage ne peut pas être assuré de façon simple ou que l'on souhaite apporter une modification visant à améliorer la disponibilité, l'installation (ou la partie d'installation) doit être arrêtée et la procédure MOC applicable aux modifications doit être mise en œuvre (figure 8). En tout état de cause, l'intervention doit être précédée d'une analyse des risques.

Figure 8 :
MOC et gestion des pannes





L'analyse a priori des risques ne peut s'appliquer qu'aux scénarios préalablement identifiés. Les modifications a posteriori peuvent être à l'origine de situations dégradées pour lesquelles les mesures de sécurité existantes ne sont pas toujours adaptées. L'intégration de la gestion des pannes dans la gestion du changement permet de faire face à ce type de situation.



Éléments à prendre en compte dans le cadre du MOC

Avant toute modification, il convient de se poser notamment les questions suivantes, en ce qui concerne tant la conduite de l'intervention que l'état de l'installation après l'intervention :

- L'intervention porte-t-elle atteinte à la sécurité de l'installation?
Modifie-t-elle la situation au regard des autorisations accordées?
- A-t-elle une incidence sur la sécurité du travail ou la gestion des urgences?
- Faut-il procéder à une nouvelle analyse du risque incendie/explosions?
- Faut-il adapter les alimentations en énergies ou en énergies auxiliaires?
- Y a-t-il des répercussions sur la qualité des produits?
- Y a-t-il des répercussions sur les installations voisines?
- La modification est-elle durable ou limitée dans le temps?



Les mesures de sécurité mises en œuvre doivent être efficaces sur toute la durée de vie d'une installation, et être éventuellement complétées en cas de modification, de travaux de maintenance, de mise hors service ou de démantèlement.



Gestion du changement

La planification des changements comporte toujours les étapes suivantes :

- Description des modifications prévues et, selon l'ampleur de l'intervention, concertation au sein d'une équipe pluridisciplinaire
- Evaluation des conséquences pour la sécurité, ainsi que des écarts possibles par rapport à la situation initiale, tant en cours d'intervention qu'une fois l'installation modifiée
- Définition des mesures de sécurité à mettre en oeuvre dans les deux cas
- Autorisation de procéder aux modifications, délivrée par le responsable

Pour la définition des mesures de sécurité applicables, il convient de suivre une procédure similaire à celle qui s'applique à la conception d'une installation ou d'un système, les moyens à mettre en oeuvre étant fonction de l'importance des travaux, de la portée de l'intervention et des risques potentiels. Tout changement lors de la phase de réalisation de l'installation doit donner lieu à une nouvelle analyse des risques.

Etapes de la conception d'installations/de systèmes (travaux neufs)

Etude de faisabilité

- Adaptation générale du site (situation, environnement, voisinage, organisation des secours externes)
- Infrastructure du site (organisation des secours en interne, personnel qualifié)
- Infrastructure locale (possibilité d'élimination des déchets, desserte du site)

Avant-projet

- Caractéristiques de danger des substances (inflammabilité, toxicité, corrosivité, effets à long terme) compte tenu des quantités (en stock) et des paramètres du process (pression, température, concentration)
- Conception des installations (installation en plein air, bâtiment fermé, production par lots/en continu)
- Situation dans l'usine (espace nécessaire, localisation/place dans le processus de production)
- Infrastructure nécessaire (possibilités d'approvisionnement/d'élimination des déchets, circulation dans l'entreprise)

Conception générale

- Système de protection contre les explosions (zones de risque d'explosion, élimination des sources d'inflammation, mesures de prévention au stade de la conception)
- Système de sécurité incendie (mesures touchant à la construction des locaux, mesures préventives, mesures de lutte contre l'incendie)
- Système en vase clos (parois résistant à la pression, dispositifs de protection sur les orifices de type trous d'homme, piquages, systèmes de décharge de la pression, séparation de parties d'installations)
- Plan d'implantation (distances entre parties d'installation, accessibilité)
- Conception des lieux de travail (voies de circulation, issues de secours, taille des locaux, éclairage, ventilation et climatisation)
- Evaluation des risques (analyse systématique de la sécurité, détermination et évaluation des dangers et des facteurs de contrainte)
- Système de contrôle/commande de process (systèmes d'exploitation, de surveillance, de protection, de limitation des dommages)

Conception détaillée

- Détermination des mesures de sécurité (exigences fonctionnelles et réalisation concrète des différents dispositifs techniques)
- Délimitation des zones de risque (zones de risque d'explosion, distances de sécurité, zones de bruit, zones de radioprotection)
- Utilisabilité des dispositifs (disposition des organes de commande, ergonomie des logiciels, modes opératoires, maintenabilité)
- Dispositifs d'intervention en cas d'urgence (premiers secours, lutte contre l'incendie, sauvetage, douches de sécurité)
- Actualisation des mesures de sécurité (vérification de l'adaptation des mesures à l'état actuel de l'installation, prise en compte des modifications prévues, actualisation de la documentation)

Réalisation

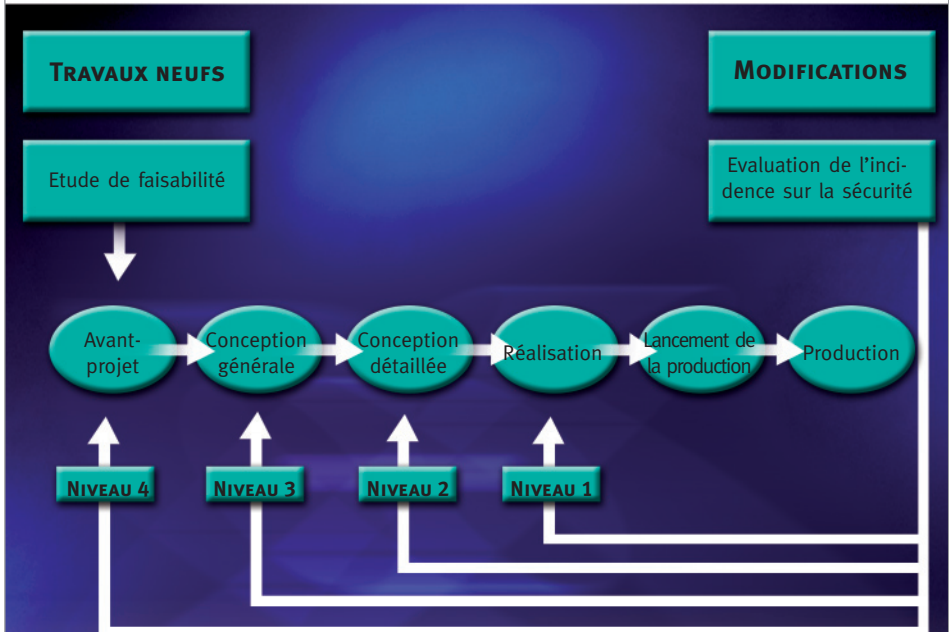
- Mise en œuvre du projet d'ingénierie détaillée

Lancement de la production

- Vérification de la réalisation des mesures
- Contrôle de fonctionnement, en particulier pour tous les dispositifs de sécurité

Gestion du changement

On peut donc établir le schéma opératoire ci-après ; c'est l'incidence de l'intervention envisagée sur la sécurité qui détermine le niveau d'entrée dans le schéma :



Niveau 1 : L'intervention, non critique sous l'angle de la sécurité de l'installation, peut être réalisée dans les règles de l'art, sans analyse de risques approfondie.
Exemple: remplacement d'une pièce par une pièce identique

Niveau 2 : L'intervention a une incidence sur la sécurité ; comme niveau 1 + vérification, avant l'intervention, que les mesures de sécurité mises en oeuvre sont bien adaptées.
Exemple: remplacement d'une pièce par une pièce non identique, neutralisation de courte durée des dispositifs de protection

Niveau 3 : Intervention critique sous l'angle de la sécurité de l'installation : comme niveau 2 + analyse systématique des risques et vérification de la pertinence des mesures de sécurité existantes avant l'intervention. Exemples: modification d'étapes du process, mise en oeuvre de mesures provisoires

Niveau 4 : L'intervention nécessite un réexamen complet des mesures de sécurité en vigueur.
Exemple : modification de parties entières de l'installation

Dans la plupart des entreprises, les interventions à échelle majeure font l'objet d'un dossier de demande d'autorisation de travaux, pour lequel sont notamment exigées des analyses de risques conduites selon les règles de l'entreprise en matière de sécurité – santé – protection de l'environnement. Pour les interventions de moindre importance, une démarche éprouvée consiste à faire analyser l'incidence de l'intervention sur la sécurité et les mesures de prévention à mettre en œuvre par une équipe associant par exemple chef d'exploitation, directeur technique et fonctionnels de sécurité. Pour les modifications apportées aux installations existantes, il est généralement possible de faire l'économie des étapes « étude de faisabilité » et « avant-projet », prévues pour les travaux neufs de quelque importance. L'étape de la « conception générale » n'est généralement pas nécessaire non plus pour des modifications de moindre importance, et l'on peut commencer directement au niveau de la « conception détaillée ».

L'analyse des risques est un élément essentiel lors de la planification de changements ou d'opérations de maintenance. Cette analyse peut utiliser des listes de contrôle, la méthode « que se passe-t-il si... ? » ou d'autres méthodes éprouvées [1]. Certaines entreprises disposent de listes de contrôle grâce auxquelles le personnel peut évaluer lui-même l'incidence des interventions sur la sécurité et faire appel si nécessaire à l'assistance d'experts.

La première question à poser lors de l'analyse des risques est celle de l'incidence de la modification prévue sur les mesures de sécurité existantes. Il faut donc que toute modification soit envisagée à la lumière des analyses de risques dont on dispose. Quelle que soit la méthode retenue, il est primordial que chaque phase de l'intervention soit prise en compte et analysée (notamment dans les opérations de maintenance à échelle majeure). Une attention particulière doit être accordée à l'interface entre les secteurs concernés par la modification/l'opération de maintenance et les secteurs où la production se poursuit normalement. C'est bien souvent à ce niveau que surviennent les erreurs pouvant conduire à des incidents ou accidents, comme le montrent les exemples présentés.

Maintenance à échelle majeure: arrêt programmé de parties d'installations

La maintenance à échelle majeure avec arrêt programmé de parties d'installations occupe une place particulière du fait de ses répercussions possibles sur les mesures de sécurité existantes.

Lors de ces interventions, l'installation est dans un état intermédiaire temporaire ; son état initial est restauré à l'issue de l'intervention. Pour les interventions qui doivent avoir lieu à intervalles réguliers, il est judicieux d'établir d'emblée une procédure complète portant sur les questions de sécurité, sous forme de consignes de travail ou de liste de contrôle, par exemple, et d'utiliser par la suite ces supports pour toutes les opérations de ce type. Il faut notamment tenir compte à cet égard de la modification des divers paramètres de l'environnement (variations saisonnières de la température extérieure, par exemple).

Dans tous les cas, le passage de l'exploitation à l'arrêt de l'installation, ainsi que l'opération inverse, occupent une place importante, les mesures de sécurité mises en œuvre en cours d'exploitation et à l'arrêt étant différentes. Chaque étape de l'intervention doit donc être programmée avec précision en amont de l'intervention, et donner lieu à une analyse des risques.



Lorsque des parties d'installation doivent continuer à fonctionner pendant une révision générale, il convient d'éviter toute situation d'incertitude quant à l'état de l'installation dans son ensemble



Autorisation de remise en service après modification des installations

Avant la remise en service d'une installation ayant fait l'objet de modifications, il est impératif que :

- tous les documents nécessaires à la mise en service aient été actualisés, ou du moins annotés de façon très apparente,
- les essais nécessaires aient eu lieu et le personnel concerné ait été informé des conséquences des modifications et des mesures qui en découlent,
- le cas échéant, les procédures administratives requises (déclarations, autorisations) aient été accomplies.

Les documents suivants, notamment, doivent être mis à jour après modification d'une installation :

- évaluation des dangers/risques, rapport de sécurité (d'après la directive Seveso-II)
- document relatif à la protection contre les explosions et plan de sécurité incendie
- plan d'évacuation et plan d'urgence
- cartographie des fluides auxiliaires utilisés, des émissions et des installations
- liste des essais réglementaires pour les réservoirs et équipements
- manuel d'exploitation, consignes de travail
- plan des conduites et dispositifs enterrés, schémas d'implantation, schémas TI
- liste des machines et appareils, liste des tuyauteries, plans isométriques
- liste des instruments de mesure, schémas fonctionnels
- liste des seuils d'alarme et actions sur les dispositifs de commande
- liste des vannes de sécurité et des joints pleins
- plans de maintenance
- planning des postes, des visites de l'installation, des contrôles de données météorologiques

L'important est de vérifier sur le terrain et dans les documents si les modifications apportées sont bien conformes au projet et, s'il y a des écarts par rapport au projet, de décider de la procédure à suivre (adaptation des mesures de sécurité existantes ou correction des écarts). Avant la mise en service, il convient aussi d'informer l'ensemble des services concernés (responsables de l'installation électrique, de la protection de l'environnement, de l'épuration des eaux, de la radioprotection, par exemple), les entreprises voisines et les fournisseurs d'énergie.

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Le MOC permet de gérer les modifications apportées aux mesures de sécurité existantes. La sécurité du travail lors de la conduite des travaux est également primordiale. Avant toute intervention, il faut envisager toutes les modifications non souhaitées et dangereuses que l'intervention pourrait entraîner au niveau des installations, des équipements ou de certains de leurs éléments, compte tenu en particulier des facteurs de risques suivants :

- Produits dangereux (toxiques, corrosifs, présentant un risque d'asphyxie, inflammables, explosifs...)
- Points de cisaillement, d'écrasement, de perforation ou d'entraînement
- Éléments mobiles commandés par des moteurs, des équipements hydrauliques ou pneumatiques ou dont l'énergie potentielle peut être libérée brusquement (gravité, résilience, énergie motrice, pression accumulée)
- Electricité
- Éléments chauds ou froids
- Travail en hauteur

D'autres éléments contribuent également à la criticité des interventions :

- L'impossibilité de prévoir le moment et les conditions de survenue de la panne, d'où une absence de programmation. De plus, la diversité des interventions rend difficile l'acquisition d'expérience et contribue à expliquer que seules certaines tâches pourront être préparées.
- La méconnaissance de l'état effectif du système ou des causes de la panne, pouvant entraîner une mise en situation dangereuse.
- La gestion fréquente d'aléas et d'imprévus par les opérateurs, qui suppose le développement d'activités de régulation coûteuses (d'un point de vue cognitif, physique et/ou psychique), les opérateurs étant parfois amenés à surestimer leurs capacités et à utiliser des outils inadaptés.
- Une sous-estimation des moyens (et du temps) nécessaires à l'intervention, qui incite à renoncer à la consignation de l'installation et à la mise en sécurité du poste de travail.

- L'absence de poste fixe de travail et la forte mobilité des opérateurs de maintenance ne facilitent pas la connaissance des risques présentés par les différents environnements auxquels ils sont confrontés, à la différence des opérateurs en production qui sont toujours dans le même environnement.
- Ces mêmes causes expliquent (sans excuser) que les activités de maintenance, toujours contrairement aux activités de production, sont rarement prises en compte au stade de la conception de l'équipement.

Une maintenance préparée, ainsi que la mise en place d'outils d'aide au diagnostic ou au pronostic, permet d'abaisser le niveau de pression temporelle, facteur aggravant de risque. La maintenance prévisionnelle répond à cet objectif. En effet, l'inattendu est-il réellement toujours imprévisible?



[photo: BASF/Jedermann-Verlag]

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Exemples d'éléments à prendre en compte pour éviter ou limiter les situations dangereuses lors d'interventions de maintenance :

- caractéristiques de l'équipement, notamment sa maintenabilité (accessibilité, démontabilité, aptitude à la pose/dépose, interchangeabilité), sa sécurité intrinsèque...
- moyens matériels, disponibilité des pièces de rechange, de l'outillage, de la documentation, existence de procédures pour les modes opératoires, utilisation d'outils de gestion de la maintenance (GMAO)...
- gestion du personnel, expérience, qualification et connaissance du système par le personnel intervenant (agents de maintenance mais aussi de production)...
- interactions maintenance-exploitation, communication entre les opérateurs, transmission de consignes...
- conditions d'intervention, contraintes temporelles et financières, préparation de l'intervention, analyse des risques...
- retour d'expérience, traçabilité et analyse des interventions, suivi de la maintenance, utilisation de GMAO...

Mesures de prévention des risques professionnels applicables lors de la préparation et de la conduite de l'intervention

Identification de la panne (diagnostic) et appréciation des risques

- visite de l'installation, diagnostic
- détermination de l'objectif de l'intervention
- appréciation des risques liés à l'intervention

Détermination des travaux à réaliser

- étapes du travail, mesures de sécurité applicables
- pièces détachées requises, préparation des outils nécessaires et des EPI adaptés
- passation d'ordres par écrit

Organisation du personnel

Choisir et former le personnel ayant les qualités requises :

- désigner le chef d'intervention ou le chef monteur
- les spécialistes maintenance internes et externes
- un coordinateur
- une personne chargée de surveiller le bon déroulement des travaux et, éventuellement, des personnes chargées de contrôler les accès à la zone d'intervention

Mise en sécurité de la zone de travail / mesures d'urgence

- mettre l'installation ou l'équipement dans un état ne présentant pas de risque
- instaurer dans toute la mesure du possible une séparation temporelle et spatiale entre maintenance et production
- sécuriser les accès et les postes de travail (plates-formes de travail, dispositifs antichute pour les personnes et les objets)
- fournir les équipements de protection individuelle nécessaires
- demander les autorisations d'accès à la zone, d'accès à l'installation et de réalisation des travaux, faire contrôler les mesures de sécurité par un responsable hiérarchique
- veiller à une communication appropriée

Attention

- Ne commencer l'intervention que lorsqu'elle peut être réalisée sans risque
- Coordonner et documenter les travaux
- Après une interruption, ne pas reprendre le travail sans une concertation préalable entre tous les intéressés

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Systemes d'autorisation de travail à certains postes

Des systèmes de management adaptés permettent d'éviter les erreurs lors des interventions. La mise en place de procédures d'autorisation, par exemple, constitue un outil d'aide à l'analyse systématique des événements dangereux pouvant survenir lors de travaux sur des installations complexes. Ces procédures comportent divers types d'autorisations (permis de travail), avec leurs consignes d'utilisation ; elles définissent des attributions et des responsabilités, indiquent quelle doit être la formation des salariés concernés, etc.

L'autorisation de travail fait l'inventaire, sous forme de liste de contrôle, des dangers potentiels du poste considéré et des mesures de sécurité à mettre en œuvre, et détaille les phases de préparation, de conduite et de documentation des travaux. Elle doit être contrôlée par le responsable avant le début des travaux. L'original est conservé par celui qui l'a établie, qui a donc une vue d'ensemble de tous les travaux en cours. L'exécutant en reçoit une copie et doit respecter précisément les consignes données. A la fin des travaux, la copie – éventuellement annotée – est remise au responsable, seul habilité à autoriser la remise en service de l'installation.

Pour certains travaux (travaux dans des récipients ou espaces confinés, travaux par points chauds, notamment), la réglementation prévoit des autorisations spécifiques. C'est une procédure indispensable pour la sécurité des installations et des personnes. On trouvera dans les pages qui suivent un exemple d'autorisation de travail. Il importe de veiller à la prise en compte des risques pouvant résulter non seulement du poste de travail considéré, mais aussi du type d'intervention effectuée. C'est pourquoi il existe des formulaires d'autorisation de travail différents selon les postes et la nature des interventions.

Dans tous les cas, lors d'interventions d'entreprises extérieures, il est obligatoire d'établir un plan de prévention. Ce plan reprendra bien entendu les différentes autorisations nécessaires à la réalisation de l'intervention. Pour plus d'informations, se référer à la brochure INRS relative à l'intervention d'entreprises extérieures [13].

Autorisation de travail

Domaine d'application	
Activité : <input type="checkbox"/> Travaux dans un récipient / une fosse <input type="checkbox"/> Travaux par points chauds <input type="checkbox"/> Construction- / démolition <input type="checkbox"/> Autre :	Description des travaux :
Lieu : Etablissement : Bâtiment : <input checked="" type="checkbox"/> Responsable à contacter sur site : Tél. : <input type="checkbox"/> Coordinateur nécessaire Coordinateur : Tél. :	Exécution par : <input type="checkbox"/> Personnel de production <input type="checkbox"/> Personnel de maintenance <input type="checkbox"/> Entreprise extérieure : Superviseur : <input type="checkbox"/> Formation/information le : par : Signature entreprise extérieure :
Date et durée : Le : de : heures à heures	Signatures : Autorisation par la production : Autorisation par le coordinateur :
Préparation du travail (cocher les opérations nécessaires, signature après exécution)	
Présence de produits dangereux <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non dernier produit utilisé : nocif <input type="checkbox"/> corrosif <input type="checkbox"/> irritant <input type="checkbox"/> inflammable <input type="checkbox"/> comburant <input type="checkbox"/> Vidanger <input type="checkbox"/> Nettoyer et rincer avec Signature:	Actionneurs mécaniques <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Mise hors tension Signature : <input type="checkbox"/> Consignation : Signature :
Ventilation nécessaire <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Durée : Type : Signature:	Présence de sources de rayonnements <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Interruption Signature : <input type="checkbox"/> Consignation Signature :
Mesures de concentration nécessaires <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Produit : Méthode : Concentration admise : ... % oxygène de l'air / ... % LIE Mesures de sécurité nécessaires lors des travaux <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> oui (voir ci-contre) Signature:	Présence de chauffage/refroidissement <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Interruption Signature : <input type="checkbox"/> Consignation Signature :
Appareils à pression présents <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Décharger la pression Signature : <input type="checkbox"/> Séparer des sources de pression par <input type="checkbox"/> Obturateur <input type="checkbox"/> Bride Signature: <input type="checkbox"/> Consignation Signature :	Interdiction d'accès nécessaire <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Barrage pour les personnes Signature : <input type="checkbox"/> Barrage voie ferrée Signature : Signature :
Matériel de secours nécessaire <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Harnais de sécurité Système : <input type="checkbox"/> EPI contre les chutes de hauteurs, point d'ancrage :	Protection incendie nécessaire <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Couvrir les matières combustibles et protéger les ouvertures dans un rayon de m Signature : <input type="checkbox"/> Informer les pompiers Signature : <input type="checkbox"/> Préparer des extincteurs Type : nombre : ... Signature: <input type="checkbox"/> Neutraliser l'installation d'alarme incendie de : ... à : ... heures Signature :
Autres mesures nécessaires <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> oui (présence de canalisations d'alimentation en énergie/tuyaux contenant des produits, autres risques) :	

Champs bleus : autorisation uniquement par le service compétent

Mesures de sécurité en cours d'intervention (cocher les mesures nécessaires)	
POMPIERS :	AMBULANCE :
DIRECTION :	
Résidus de produit possibles <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Filtre à poussières <input type="checkbox"/> Masque filtrant type <input type="checkbox"/> Appareil de protection respiratoire isolant <input type="checkbox"/> Durée maximale de port <input type="checkbox"/> Prévoir un filtre pour évacuation en urgence <input type="checkbox"/>	Equipements de protection individuelle <input type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Masque de protection oculaire <input type="checkbox"/> Ecran facial <input type="checkbox"/> Gants de protection en <input type="checkbox"/> Tablier de caoutchouc <input type="checkbox"/> Bottes de caoutchouc <input type="checkbox"/> Vêtements de protection en <input type="checkbox"/>
Atmosphère explosive possible <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Assurer la ventilation <input type="checkbox"/> Mesure des concentrations de Périodicité des contrôles :	Risque d'incendie <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Piquet d'incendie à prévoir de <input type="checkbox"/> l'entreprise <input type="checkbox"/> l'entreprise extérieure <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Observateur nécessaire , de <input type="checkbox"/> l'entreprise <input type="checkbox"/> l'entreprise extérieure <input type="checkbox"/> Contrôle d'accès nécessaire par <input type="checkbox"/> l'entreprise <input type="checkbox"/> l'entreprise extérieure	
Autres mesures nécessaires <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> oui (exigences relatives aux produits mis en œuvre, par exemple)	
Remise en service après intervention (cocher les mesures nécessaires, signature après exécution)	
Matériel / outils à retirer <input checked="" type="checkbox"/> oui Signature :	Lever les interdictions d'accès <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Barrage voie ferrée Signature : <input type="checkbox"/> Signature :
Isolant à remettre en place <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Signature :	
Actionneurs mécaniques <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Retrait des mesures de mise en sécurité et remise en marche <input type="checkbox"/> Date Signature :	Expert radioprotection <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Retrait des mesures de mise en sécurité et remise en marche Date : Signature :
Piquet d'incendie nécessaire <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non de heures à heures par <input type="checkbox"/> informer les pompiers / l'accueil Signature :	Service électrotechnique <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Retrait des mesures de mise en sécurité et remise en marche <input type="checkbox"/> Date : Signature :
<input type="checkbox"/> Remettre en service l'installation d'alarme incendie Heure Signature :	Appareils à pression à contrôler <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Contrôle d'étanchéité <input type="checkbox"/> Date : Signature :
Autres mesures nécessaires <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> oui (exigences particulières relatives au produit de nettoyage ou au séchage, par exemple)	
Modifications consignées dans la documentation :	
Fin de l'intervention de l'entreprise extérieure : Date : Signature : Remarques :	
Réception des travaux par le responsable : Date : Signature : Remarques :	
Avis de fin d'intervention par le coordinateur : Date : Signature : Remarques :	
Autorisation de remise en service de l'installation par Date : Signature : Remarques :	

Champs bleus : autorisation uniquement par le service compétent

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Exemples de mise en sécurité par l'interruption des alimentations en énergie électrique : le sectionneur de sécurité

Lors de modes de fonctionnement spécifiques (nettoyage, mise en place ou remplacement d'équipements, ajustage/réglage, recherche et élimination de pannes), il peut se produire des accidents liés à des défauts techniques ou à des erreurs humaines, entraînant le démarrage intempestif de machines ou d'installations, ou la libération soudaine d'énergies accumulées. Dans ces configurations, ce sont souvent des spécialistes de maintenance confirmés qui se font surprendre par le redémarrage automatique d'une installation ou d'un équipement [4].

Lors de ces interventions, les énergies, généralement source de danger, doivent être arrêtées, et les énergies accumulées doivent être dissipées ou maîtrisées. Ces opérations doivent être menées dans un cadre général de consignation [12] et ce, quelles que soient les énergies (hydraulique, électrique, potentielle, ...). Dans certains cas cependant, le système de commande doit rester sous tension. L'interrupteur général de l'installation ne peut donc pas être utilisé. Un sectionneur de sécurité peut alors être installé en complément, pour une meilleure protection des opérateurs. Ce sectionneur, qui n'est actionné que lorsqu'une installation ou partie d'installation est à l'arrêt, empêche toute remise en marche intempestive [5].

Le sectionneur de sécurité a pour effet d'interrompre l'alimentation en énergie électrique des dispositifs pouvant présenter un risque (organes mélangeurs dans des récipients, par exemple) et d'empêcher leur remise en marche intempestive, en particulier par des personnes non autorisées. Il est possible d'installer un sectionneur à proximité de chaque unité fonctionnelle, pour ne pas avoir à interrompre l'alimentation en énergie des autres parties de l'installation.

Le principe du sectionneur de sécurité est transposable à tous les autres types d'énergie auxiliaire (vapeur, air comprimé, gaz inerte, par exemple), les vannes et soupapes correspondantes pouvant être maintenues en position de sécurité par un dispositif de blocage (cadenas, par exemple).

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Réglage et mise en marche

Pour les opérations de réglage et de mise en marche, il peut être judicieux d'utiliser un sélecteur de modes de fonctionnement verrouillable en toute position, pour permettre une neutralisation sélective de certaines fonctions. En mode réglage, les fonctions de protection suivantes doivent être assurées :

- la commande des systèmes automatiques et les mouvements des machines déclenchés par des capteurs sont bloqués,
- seuls sont possibles les mouvements déclenchés par l'actionnement continu des organes de commande (dispositifs nécessitant une action maintenue, dispositif de l'homme mort ou dispositifs d'assentiment),
- les mouvements dangereux des éléments d'installation ne sont possibles que lorsque des conditions de sécurité compensatoires sont remplies (vitesse ou puissance réduite, marche par à-coups, par exemple, ou autres mesures adaptées),
- les risques pouvant résulter d'une mise en marche automatique via le déclenchement d'un capteur sont pris en compte.

Pour éviter les comportements dangereux des machines (redémarrage intempestif, par exemple), il faut qu'en cas d'interruption de l'alimentation en énergie, la remise en marche spontanée de la machine après le retour de l'énergie soit empêchée. De même, lorsqu'un arrêt a été déclenché, ou en cas d'arrêt provoqué par l'actionnement d'un protecteur, des dispositions doivent être prises pour empêcher la remise en marche intempestive (cf. ISO 14118). Le redémarrage des fonctions de la machine ne doit alors être possible que par une action volontaire de l'opérateur via un organe de service. Lorsque l'arrêt a été provoqué par un dispositif d'arrêt d'urgence, le redémarrage ne doit être possible qu'après déverrouillage du dispositif et action volontaire de l'opérateur.

Mesures à prendre à la fin de l'intervention

Après l'intervention et le contrôle des travaux, l'équipement doit être remis en état de fonctionner en sécurité. Les travaux réalisés, les pièces de rechange utilisées et les problèmes non résolus doivent être signalés et documentés. De nombreux exemples de défaillances survenues peu après une intervention montrent que ces règles ne sont pas toujours respectées.

Principales mesures de prévention applicables à la fin des interventions de maintenance

- Ranger, nettoyer, éliminer les déchets
- Vidanger les points bas, remplir les siphons
- Refermer les conduits de vidange/aération, procéder à leur mise en sécurité
- Remonter/remettre en service les dispositifs de protection
- Retirer les dispositifs/panneaux d'interdiction d'accès
- Informer les utilisateurs de l'état du système et éventuellement des modifications apportées

A la fin des travaux, il faut aussi

- Contrôler le bon état de fonctionnement de l'installation
- Procéder à des tests de fonctionnement des dispositifs de sécurité
- Autoriser la remise en service par la production

Attention

- En cas d'utilisation de produits de nettoyage, s'assurer de la compatibilité chimique avec les matériaux et l'ensemble des produits mis en œuvre, tenir compte des facteurs climatiques
- Ne pas retirer les dispositifs d'interdiction d'accès avant la fin des travaux, ou sans y être habilité
- Ne remettre l'installation en service qu'après autorisation

La sécurité est l'affaire de tous – personnel de maintenance et personnel d'exploitation.

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

Importance de la culture de la sécurité

La culture de l'entreprise en matière de sécurité joue un rôle déterminant pour la prévention des risques. Le message adressé au personnel doit être sans ambiguïté, tout particulièrement en ce qui concerne la priorité des questions de sécurité sur les considérations économiques. Cela va de pair avec un juste équilibre entre responsabilité individuelle de chacun dans son travail et respect des règles de sécurité. L'encadrement joue un rôle décisif à cet égard, à travers les missions de formation et de gestion du personnel.

Les différentes stratégies de maintenance des machines et installations font constamment l'objet de nouvelles publications, qui privilégient souvent les considérations économiques. On mettra, ici, l'accent sur le facteur humain. En matière de maintenance préventive, l'élément primordial, du point de vue psychologique, est la motivation de l'opérateur à assurer des travaux d'entretien et à rechercher des signes d'usure sur une machine ou une installation qui ne présente aucun dysfonctionnement apparent. Une autre question se pose, celle des conditions requises pour qu'un individu soit disposé à adopter un comportement sûr tout au long de l'intervention.



D'une façon générale, les individus ont tendance à gérer les problèmes au coup par coup, lorsqu'ils se présentent, au lieu de mener une réflexion approfondie sur les solutions à mettre en œuvre.



OPTIMISME NATUREL ET EXPERIENCE INDIVIDUELLE NE FONT PAS TOUJOURS BON MENAGE AVEC LA PREVENTION

Le fonctionnement quotidien des individus est déterminé principalement par référence au présent, et guidé par l'optimisme : tant qu'une installation, un équipement ou un procédé ne présente pas de dysfonctionnement, on ne se pose pas de question et on tend à considérer qu'il n'y a pas de raison que cela change. On n'éprouve généralement pas le besoin d'investir de l'énergie dans la maintenance préventive, à moins d'être conscient du risque et de le considérer comme très élevé. Mais pour le reste, on se croit à l'abri des accidents. Chacun pense que l'accident n'arrive qu'aux autres, qu'il suffit de faire attention. La plupart des individus ne ressentent donc pas la nécessité de la prévention.

En matière de sécurité (du travail) en général et de maintenance préventive en particulier, l'expérience pourrait conduire à modifier cette attitude : comme le montrent les nombreux exemples présentés dans cette brochure, bien des accidents graves pourraient être évités par la maintenance préventive et le respect des règles de sécurité. Or du simple point de vue statistique, l'expérience est contre-productive à cet égard : rapporté au nombre de gestes et de situations allant à l'encontre des exigences de sécurité, le nombre d'accidents reste très faible. Ce qui conduit à considérer qu'un comportement contraire à la sécurité n'a généralement pas de conséquences graves, et à sous-estimer les risques. Si, tout en négligeant la maintenance préventive, on ne rencontre aucun problème pendant des années, on devient insouciant et l'on ne croit plus qu'un accident puisse se produire. L'homme a tendance à surestimer ses capacités, et croit pouvoir réagir rapidement à une situation dégradée. Dans la plupart des cas, pourtant, l'accident – explosion, projection de liquide brûlant, chute d'une pile de conteneurs – le prend de court.

Sous-estimation des risques et appréciation erronée de leur faculté de réaction incitent les individus à penser qu'ils sont capables de gérer leur sécurité et que les exigences de prévention sont excessives. Il est important d'en tenir compte si l'on veut formuler et mettre en œuvre les messages de prévention de telle sorte qu'ils incitent à adopter un comportement sûr.

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

APPRECIATION DU RISQUE ET COMPORTEMENT DE L'OPERATEUR LORS DES TRAVAUX DE MAINTENANCE

Nos actes sont généralement dictés par nos intérêts. Nous procédons constamment à des analyses coût-bénéfice, compte tenu des solutions qui s'offrent à nous, et recherchons celle qui répond le mieux et à moindre coût à nos intérêts. Nous retenons la variante qui semble offrir les meilleures garanties de succès. Si la suite des événements nous donne raison, nous faisons le même choix chaque fois que la même situation se présente. Si notre attente n'a pas été satisfaite, nous adoptons la fois suivante un comportement différent.

La façon dont s'effectue la prise de décision est illustrée par l'exemple type d'une intervention sur une installation non préalablement mise à l'arrêt. L'opérateur a le choix entre deux attitudes :

Respect des règles de sécurité : il arrête la machine dans les règles et procède au dépannage.

- **Avantage : respect des consignes, intervention non dangereuse**
- **Inconvénient : intervention plus longue et plus complexe, entraînant un arrêt de production**

Non-respect des règles de sécurité : il procède au dépannage ou à la remise en état sur la machine en cours de fonctionnement.

- **Avantage : rapidité, aucun arrêt de production**
- **Inconvénient : non-respect des consignes, intervention dangereuse**

L'opérateur se livre à une série d'analyses coût-bénéfice en évaluant la probabilité de survenue des événements suivants :

1. Quelle est la probabilité que je me blesse en intervenant sur la machine ?

Raisonnement éventuel : je connais très bien la machine, je l'ai déjà fait et je ferai attention. La probabilité est donc très faible.

2. Quelle est la probabilité que mon chef me prenne sur le fait ?

Raisonnement éventuel : mon chef est souvent en réunion, il est très pris par des tâches administratives, il n'a pas le temps de contrôler ce que je fais.

3. Quelle est la probabilité que je sois sanctionné si l'on apprend malgré tout que je n'ai pas respecté les règles de sécurité ?

Raisonnement éventuel : en fait, l'entreprise a tout à gagner à ce que l'on évite l'arrêt de production.

4. Quelle est la probabilité que l'arrêt de production se remarque si j'arrête l'installation ?

Raisonnement éventuel : il ne passera certainement pas inaperçu !

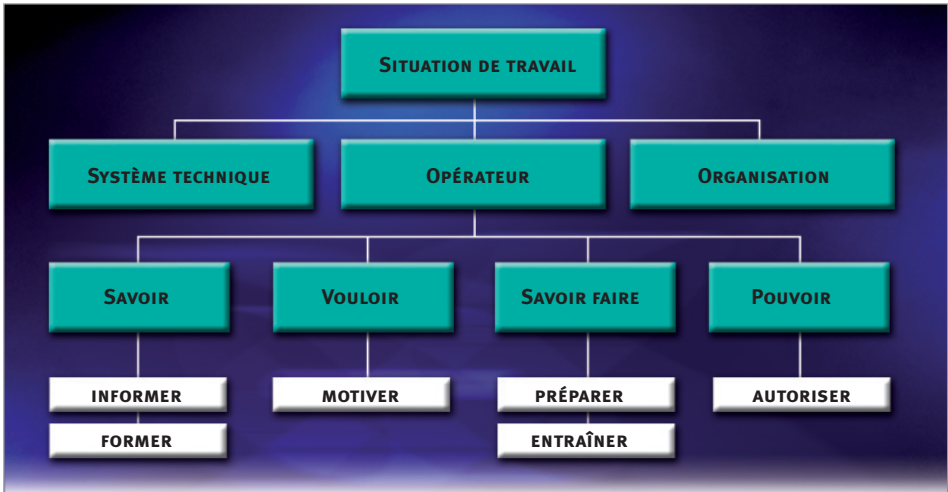
La prise de décision est généralement très rapide, elle ne passe pas par une analyse systématique des différents points cités, mais par un processus le plus souvent inconscient. Si l'on interroge l'opérateur, il justifiera son choix par des considérations coût-bénéfice.

Il optera pour l'attitude qui lui semble comporter le moins d'inconvénients et le plus d'avantages. Son choix dépendra de ses connaissances, mais aussi et surtout de la culture de l'entreprise en matière de sécurité. S'il évalue la situation comme on l'a décrit plus haut, il est probable qu'il effectuera la réparation sans respecter les règles de sécurité ; l'entreprise doit donc prendre des mesures pour influencer sur le choix de l'opérateur. Les possibilités de développer une culture de la sécurité se situent principalement au niveau de la fréquence des contrôles et des sanctions en cas de non-respect des règles de sécurité. Il est également important de favoriser la perception des risques chez l'opérateur par une action de sensibilisation, et

Aspects relatifs à la sécurité du travail dans la préparation et la conduite des travaux

de tolérer les arrêts de production. Les verbes « savoir », « vouloir », « savoir faire » et « pouvoir » représentent à cet égard les principaux ressorts sur lesquels il est possible d'agir (figure 9).

Figure 9 :
Aspects psychologiques de la prévention des risques professionnels



DANS CE CADRE, LES MISSIONS DE L'ENCADREMENT SONT LES SUIVANTES :

Information et instructions adaptées : il ne suffit pas de dire aux intéressés quels sont les dangers. Il faut refaire tout le cheminement avec eux, en reprenant et en expliquant leurs erreurs d'appréciation. Il faut dire aux salariés que l'on peut comprendre que les mesures de sécurité leur paraissent parfois excessives mais qu'elles doivent impérativement être respectées, en soulignant les conséquences que peut avoir un accident pour eux-mêmes, un risque qui n'est pas à exclure, même s'ils ont du mal à y croire. Le personnel doit savoir pourquoi telle ou telle règle s'applique lors des travaux de maintenance ; il doit en comprendre le sens et l'objet. Chacun doit être amené à prendre conscience du fait que son appréciation des dangers est déficiente. L'argumentation peut être étayée par des exemples d'accidents consécutifs à une mauvaise appréciation des dangers, avec leurs conséquences parfois dramatiques (blessures, atteintes irréversibles).

Planification des interventions et définition des responsabilités: les opérateurs ont du mal à prévoir toutes les éventualités; il faut donc faire appel à des experts qui recourent à des outils tels que les listes de contrôle et les logigrammes pour définir les bases d'une approche globale de la maintenance. Il s'agit d'éviter la tendance à l'improvisation, profondément ancrée chez l'homme, pour qui la méthode des « essais et erreurs » a largement contribué au progrès scientifique et technique.

Gestion rigoureuse: les comportements contraires aux règles ne doivent pas être tolérés, l'encadrement doit toujours montrer l'exemple et inciter le personnel à adopter un comportement adapté. Cela suppose un contrôle régulier du travail.

Prise en compte de l'évolution des esprits: le rythme actuel des évolutions technologiques est tel que la maintenance préventive des installations est parfois considérée comme dépassée, compte tenu des délais de remplacement des équipements. L'entreprise doit veiller à ne pas émettre de messages inadaptés à cet égard. Même pour des équipements ayant une durée de vie limitée, la maintenance préventive est pleinement justifiée, du point de vue de la sécurité.

Communication: il est important d'associer le personnel dans toute la mesure du possible, notamment lors de la planification des opérations de maintenance. Pour tout comportement contraire aux règles de sécurité, la première question à poser est: « Pourquoi faites-vous cela ? ». Si l'intéressé fournit une mauvaise raison, il faut la réfuter. Si l'argument est valable, il faut résoudre le problème.

Figure 10:
Savoir motiver :
une compétence clé

- **adopter un comportement exemplaire**
- **manifester son approbation aux collaborateurs respectant bien les règles de sécurité**
- **pratiquer la critique**
- **associer le personnel aux décisions**
- **stimuler l'esprit de compétition, fixer des objectifs**
- **expliquer les mécanismes de l'accident, en montrant les conséquences**
- **faciliter la tâche (par des mesures techniques, organisationnelles)**

Récits d'accidents

Exemple 1

PRÉPARATION DU
TRAVAIL INSUFFISANTE

Au cours de travaux de terrassement dans une entreprise industrielle, le câble d'alimentation en énergie électrique est endommagé. Il en résulte un court-circuit et une panne de courant.

Dans un autre cas, un engin a endommagé une conduite de gaz enterrée. Il s'en est suivi une fuite de gaz et une explosion.

- *Les éléments situés à l'extérieur de l'installation proprement dite (câble électrique, conduite de gaz, etc.) peuvent aussi influencer sur la sécurité*
- *Pour des travaux de terrassement, en particulier, une bonne préparation du travail est indispensable*

Exemple 2

POMPE REMPLIE DE
PRODUIT SOUS
PRESSION MALGRÉ
LA PURGE

Une pompe utilisée dans une raffinerie pour le transport de produit chaud à une pression de service de 8 bars et une température de 200 °C est défectueuse et doit être réparée. La pompe est arrêtée, les vannes sont fermées et la pompe est purgée.

Lors du démontage de la pompe, le mécanicien est aspergé de produit brûlant. Une vanne n'étant pas étanche (du fait d'un dépôt de produit résiduel), la pompe s'est remplie de produit sous pression après la purge.

- Evaluation de risque incomplète avant le début des travaux
 - Non prise en compte du délai entre préparation et réalisation de l'intervention
- L'efficacité des mesures de mise en sécurité (ici : mise hors pression et nettoyage de la pompe) doit être vérifiée juste avant l'intervention
 - Lors de l'ouverture d'éléments d'installations précédemment en service, il faut toujours tenir compte du risque de projection de produits résiduels
 - Pour isoler de l'atmosphère un élément sous pression, une seule vanne ne suffit pas, notamment si son étanchéité n'est pas établie avec certitude

Dans le cadre de la maintenance, des travaux de soudage doivent être effectués sur des tuyauteries situées en hauteur. Le contremaître étant sujet au vertige, il donne ses instructions depuis le sol. A la suite d'une confusion entre tuyauteries, l'ouvrier exécutant les travaux est victime de brûlures chimiques dues à un dégagement de produits.

Exemple 3

INSTRUCTIONS
INSUFFISANTES

■ *Les instructions devraient toujours être données sur les lieux de l'intervention*

Sur un sécheur pour pellets de matières plastiques, une manchette en caoutchouc n'est plus étanche et doit être changée. Les consignes pour ce type d'intervention prévoient qu'avant d'ouvrir le sécheur, il faut procéder à un balayage à l'azote jusqu'à ce que la température à l'intérieur du système soit passée de 180 à 50 °C.

Lors de l'ouverture de l'appareil, au début de l'intervention, des résidus de produit s'enflamment subitement en partie basse du sécheur et provoquent une explosion. L'enregistrement montrera que l'azote a été arrêté et le sécheur ouvert alors que la température était encore de 125 °C.

Exemple 4

OUVERTURE D'UN
SYSTÈME AVANT
ABAISSEMENT DE LA
TEMPÉRATURE

■ *Accélération de la procédure (dans une bonne intention) et non-respect des consignes*

■ *Ne commencer le travail que lorsque les exigences relatives aux paramètres du processus sont bien remplies*

Récits d'accidents

Exemple 5

CONFUSION ENTRE INTERRUPTEURS

Dans une petite brasserie, le malt a été imparfaitement broyé en raison d'un défaut du concasseur. Ce défaut ayant été constaté, toute l'attention s'est portée sur le maintien de la qualité de la bière. A la fin de la journée, dans l'agitation générale, on oublie de débrancher le moteur du mélangeur, dans la cuve. Le lendemain, le problème persiste et le fils du patron entreprend de nettoyer la cuve. Pour cela, il met la pompe à eau en marche et descend dans la cuve.

Le nettoyage terminé, pour ne pas avoir à sortir de la cuve puis à y redescendre, il demande à sa mère d'arrêter la pompe. L'interrupteur de la pompe et celui du mélangeur étant l'un à côté de l'autre, la mère confond les deux. Le mélangeur devrait être débranché, mais du fait de l'oubli de la veille, il se met en marche et l'assuré subit de graves blessures (écrasement de l'index droit, qui devra être amputé).

■ *Séparation des sources d'énergie dangereuses non vérifiée*

■ *Avant toute intervention sur/dans une installation, vérifier que l'alimentation en énergie des éléments dangereux est bien interrompue*

■ *Il y a toujours un risque de confusion entre des interrupteurs placés l'un à côté de l'autre*

■ *Prévenir le risque de confusion par un étiquetage clair et bien visible*

Exemple 6

DÉMARRAGE INTEMPESTIF

Sur l'installation de filtration des eaux usées d'une unité de production de bio-gaz, une conduite d'eau doit être raccordée à la trémie de remplissage, pour faciliter par arrosage l'écoulement du matériau jusqu'à un transporteur à vis. Les colliers de serrage de la conduite sont déjà fixés à la trémie lorsqu'une pièce tombe dans celle-ci.

L'intervenant veut récupérer la pièce, profitant de l'arrêt du transporteur, mais ce dernier se met en marche et l'ouvrier est grièvement blessé aux pieds. L'accident a été occasionné par la présence d'un détecteur à ultrasons fixé au plafond, qui a identifié la personne comme du « matériau » et a déclenché le moteur du transporteur.

■ *Avant toute intervention sur/dans une installation, vérifier que l'alimentation en énergie des éléments dangereux est bien interrompue*

Un réservoir de condensation est utilisé pour condenser la vapeur provenant d'une réserve de produit liquide. L'air du réservoir s'évacue par une conduite débouchant à proximité d'un escalier d'accès, ce qui constitue une gêne lors de l'utilisation de cet accès. Pour améliorer la situation, on décide de prolonger la conduite jusqu'au toit du bâtiment. Toutefois, la conduite présentant une plus grande surface, la condensation de vapeur au niveau de la conduite d'évacuation se renforce et, le diamètre de ladite conduite étant sous-dimensionné, elle se remplit de condensat. Lors de l'ouverture de la conduite au cours d'une intervention de maintenance, un flot de condensat sort de la conduite.

Exemple 7

MODIFICATION D'UNE CONDUITE D'ÉVACUATION D'AIR

- *Modification technique de l'installation sans analyse systématique des conséquences possibles*
- *Même des modifications apparemment mineures doivent être réalisées correctement (en l'occurrence : dimensionnement de la conduite)*
- *Pour toute modification apportée à l'installation, il faut analyser les effets sur la sécurité*

Récits d'accidents

Exemple 8

MISE EN MARCHÉ INTEMPESTIVE D'UN MÉLANGEUR

Dans une usine de fabrication de fourrage concentré, le conducteur de l'installation constate un défaut de fonctionnement sur un mélangeur. Le chef d'équipe est appelé pour remédier au dysfonctionnement et le chef d'exploitation est informé. Le conducteur de l'installation arrête le mélangeur, au niveau de l'interrupteur principal, et le chef d'équipe procède au contrôle de l'appareil ouvert. Le chef d'exploitation arrive alors et craignant que l'arrêt du mélangeur soit dû exclusivement à l'actionnement de l'interrupteur de fin de course, il actionne l'interrupteur principal, croyant arrêter ainsi l'appareil. Le mélangeur se remet en marche et le chef d'équipe, dont le pouce est pris entre le bâti et l'outil du mélangeur, a le pouce sectionné.

Les couleurs utilisées sur l'interrupteur principal ont provoqué l'intervention malencontreuse du chef d'exploitation. Il a pensé que le fond vert correspondait à la position marche, par assimilation aux feux de circulation. Or sur l'interrupteur principal, le vert correspond à la position de sécurité, donc au point mort.

- *L' interrupteur principal n' était pas protégé contre toute mise en marche, au moyen d' un cadenas, par exemple*
 - *Le mouvement dangereux (mise en marche des pales du mélangeur) a été déclenché par l' actionnement de l' interrupteur principal. Il n' y avait pas d' organe de commande additionnel*
 - *L' actionneur de l' interrupteur de fin de course, au niveau du clapet de visite du mélangeur, était conçu de telle sorte que lors de d' ouverture du clapet, l' interrupteur de fin de course était heurté, ce qui a fini par provoquer la rupture de l' actionneur et la suppression de la fonction de protection correspondante*
-
- *En cas de neutralisation des mesures de sécurité (ici, le verrouillage du clapet de visite), les équipements ne doivent pas être utilisés*
 - *Ne sont habilitées à effectuer les interventions que les personnes connaissant parfaitement les équipements, et uniquement après concertation avec tous les intéressés*
 - *L' étiquetage et le marquage des dispositifs de sécurité, en particulier, doivent être de nature à éliminer tout risque de confusion*
 - *Toutes les sources d' énergies dangereuses doivent être consignées (mesures interdisant toute remise en marche intempestive)*

Dans un autoclave d'hydrogénation, un composé organique nitré est transformé, en présence d'hydrogène, en dérivé de l'aniline. Sachant qu'en présence de métaux non ferreux, le produit initial peut se décomposer en donnant lieu à une réaction exothermique, on utilise un autoclave en acier spécial. Après quelques semaines sans incident, le thermocouple à l'intérieur du réacteur tombe en panne. Un mécanicien d'entretien remplace l'instrument de mesure défectueux, qui est isolé des produits chimiques par un tube protecteur.

Pour visser le tube, le mécanicien utilise par erreur quelques vis en laiton au lieu des vis d'origine en acier spécial. Après la remise en service, lorsque la réaction s'amorce, le composé nitré entre en contact avec le métal non ferreux et se décompose ; il se produit une détonation qui provoque la rupture de l'évent de décharge et une fuite de produit dans la chambre de l'autoclave.

Exemple 9

UTILISATION D'UNE PIÈCE INADAPTÉE

- *Des mesures organisationnelles – stockage des pièces selon leur usage, fourniture ciblée – permettent d'éviter les confusions*
- *Une information ciblée des intervenants, apportant les explications nécessaires sur les différents aspects de l'intervention, permet de réduire le risque de confusion*
- *Dans les cas particuliers, l'intervention doit être contrôlée par la hiérarchie*

Récits d'accidents

Exemple 10

ARRÊT INOPINÉ
D'UN DISPOSITIF DE
CHAUFFAGE

Dans un réservoir à fond plat, un produit ayant un point de fusion de 40 °C est stocké à l'état liquide, avec inertage à l'azote.

En vue de travaux de réparation, on vide le réservoir en laissant le moins de produit possible, et le dispositif de chauffage du système de protection contre les surpressions est arrêté, ce qui provoque l'obturation (par formation de cristaux) du tamis pare-flamme au-dessus de ce dispositif. L'azote pénétrant dans le réservoir provoque une augmentation excessive de la pression et une déformation plastique du réservoir.

- *Il est impératif de mener une analyse complète des facteurs pouvant influencer sur le concept de sécurité d'une installation (ici dispositif de limitation de la surpression et tamis pare-flamme) et neutraliser les fonctions de protection*
- *Le concept de sécurité et les résultats de l'analyse doivent servir de base pour l'établissement des consignes d'intervention et la conduite des formations à la sécurité, afin que les intervenants soient en mesure d'identifier eux-mêmes les effets de leurs interventions*
- *Il est impératif de surveiller le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité et de leurs éléments auxiliaires (ici le tamis pare-flamme), et d'empêcher éventuellement la poursuite de l'exploitation en cas de défaillance ou d'arrêt de ces dispositifs*

Exemple 11

MISE EN MARCHE D'UN
TRANSPORTEUR À VIS

Lors de l'essai d'un sécheur, une installation est mise à l'arrêt, chauffage et système d'extraction compris.

Le transporteur à vis est mis en marche pour des essais, ce qui entraîne l'introduction de résidus de produit imprégnés de solvant dans le sécheur. Ce dernier étant encore chaud, l'évaporation du solvant provoque une montée en pression suivie de l'ouverture de l'évent de décharge et d'un dégagement de produit et de vapeurs de solvant [9].

- *Manque de réflexion sur les modalités de réalisation d'un essai*

- *Pour la conduite d'essais (= mode de fonctionnement spécial), il est indispensable de procéder à une évaluation des risques*
- *Cette évaluation doit tenir compte du fait que les intervenants peuvent s'écarter des procédures prévues (ici : remise en marche du transporteur à vis auquel adhèrent des résidus de produit)*

Dans un réservoir de 250 m³ de volume nominal, un produit de type gou-dron est stocké à l'état fondu. Après quelque temps, on décide de nettoyer le réservoir pour éliminer les dépôts et impuretés déposés au fond. Le réservoir est vidangé et isolé de l'installation. Pour prévenir les risques de surpression en cours de nettoyage, on met en place un dispositif de protection par siphon et un indicateur de pression au poste de contrôle-commande, ainsi qu'une conduite de remplissage destinée à permettre l'introduction de condensat surchauffé.

Pour détacher les résidus de produit, le condensat à 130 °C environ est introduit lentement dans le réservoir. Le liquide surchauffé s'évapore dans le réservoir, ce qui provoque une augmentation de volume de la phase gazeuse, qui doit en principe être évacuée par le siphon. Au début du nettoyage, le fonctionnement du dispositif a été contrôlé par des essais aléatoires. Au bout de deux heures d'introduction de condensat, le toit du réservoir est soudain arraché. Le dépassement de la pression maximale a résulté principalement d'une confusion entre les piquages en partie haute du réservoir. Le siphon de décharge de la surpression a été relié non pas au piquage prévu, mais à un piquage équipé d'un tube plongeur. Le niveau de remplissage augmentant, celui-ci s'est trouvé entièrement rempli de liquide, et la décharge de gaz ne pouvait plus avoir lieu. La pression à l'intérieur du réservoir a donc dépassé la surpression admissible.

Exemple 12

ERREUR DE MONTAGE

■ *Confusion entre piquages et absence de contrôle de la bonne exécution des travaux*

■ *La réalisation et l'efficacité des dispositifs de protection doivent être contrôlées avant la première mise en service*

« Le désir de bien faire ne suffit pas; avant toute intervention, le personnel et l'encadrement doivent se poser la question des conséquences pour la sécurité. »

Exemple 13

OUVERTURE D'UNE INSTALLATION SOUS INERTAGE

Pour réduire les émissions de vapeurs contenant du méthanol, la bande transporteuse d'une installation de production de produits intermédiaires utilisés dans la fabrication de matières plastiques a été encoffrée, de l'azote étant introduit à l'intérieur de l'encoffrement pour éviter la formation d'une atmosphère explosive pouvant résulter de la pénétration d'oxygène de l'air.

L'installation étant à l'arrêt suite à une panne, le chef de poste veut en profiter pour rechercher l'origine d'un bruit se produisant depuis peu à proximité de la bande transporteuse. Pour ce faire, il ouvre le volet d'inspection avant que l'intérieur de l'encoffrement ait été balayé à la vapeur d'eau, comme le prévoient les dispositions destinées à prévenir la formation d'une atmosphère explosive. Une explosion survient peu après.

■ *On croit parfois agir dans l'intérêt de l'entreprise en ignorant les consignes de sécurité*

- *Le concept de sécurité (destiné, dans ce cas, à prévenir la formation d'une atmosphère explosive) doit être connu de tous les intéressés*
- *Même des interventions de courte durée (en l'occurrence: jeter rapidement un coup d'œil) peuvent neutraliser les mesures de sécurité mises en œuvre*
- *Il doit être clair pour tous que rien ne justifie une intervention rapide au mépris de la sécurité*

Un mélangeur est utilisé pour la fabrication d'un produit intermédiaire thermiquement instable. Le concept de sécurité du mélangeur est basé sur une limitation de la température à 60 °C. Le mélange réactif est chauffé uniquement par de l'eau chaude dans l'enveloppe du mélangeur. En cas de dépassement de la température maximale, l'alimentation en eau chaude et en produits s'interrompt automatiquement. D'après les études réalisées sur le mélange, cette mesure permet de conserver une marge de sécurité suffisante par rapport à la température de décomposition.

Par suite d'une modification de l'installation, le tube de vidange du réacteur est équipé d'un chauffage auxiliaire à la vapeur, relié au circuit d'eau chaude alimentant l'enveloppe du réacteur. Mais la fermeture partielle d'une vanne à boisseau sphérique, au niveau de la conduite d'évacuation de l'eau chaude, provoque un jour une réduction de débit et un reflux de vapeur vers l'enveloppe du réacteur. L'élévation de température entraîne la décomposition du produit, suivie d'une explosion et d'un incendie qui feront deux blessés graves et 15 blessés légers, et plusieurs millions de dégâts matériels.

Exemple 14

MODIFICATION D'UN DISPOSITIF DE CHAUFFAGE

■ *Les conséquences possibles de la modification apportée (chauffage à la vapeur au niveau du tuyau de vidange) n'ont pas été analysées, et il s'est produit un reflux de vapeur vers l'enveloppe du réacteur*

■ *Même des modifications apparemment mineures doivent donner lieu à une analyse de la sécurité*

Récits d'accidents

Exemple 15

ESPACEMENT DES CYCLES DE LAVAGE

Lors du remplacement de routine d'une vanne de sécurité sur un réacteur de polymérisation, un incendie se déclenche. L'analyse de l'accident montrera que peu de temps auparavant, les directives relatives au nettoyage de la tubulure en amont de la vanne de sécurité ont été modifiées. Après des années de fonctionnement sans incident, on a décidé de passer d'un cycle de lavage quotidien à quatre cycles par mois, car aucune formation de dépôt n'a jamais été observée. Un film de polymère se forme alors dans la tubulure avec un polymère granulaire très inflammable au contact de l'air. Lors de la remise en place de la vanne de sécurité, la « peau » recouvrant le matériau se déchire et le polymère granulaire s'enflamme.

- *Des modifications touchant à une mesure de sécurité organisationnelle (cycle de lavage quotidien) ont été introduites pour gagner du temps*
- *Tout changement apporté à des mesures organisationnelles (ici : réduction de la fréquence des lavages) doit être mis en œuvre progressivement, avec contrôle systématique (à chaque étape) des effets sur la sécurité*

« **Même des modifications apparemment mineures doivent donner lieu à une analyse de la sécurité.** » »

Le contenu d'un réservoir d'acide acrylique installé en plein air est constamment maintenu en circulation par un système constitué de deux conduites et d'une pompe, pour assurer une répartition uniforme de l'inhibiteur dans le mélange et maintenir à un niveau constant la température dans le réservoir de stockage, grâce à un échangeur de chaleur. Les tuyauteries reliées au réservoir traversent notamment le bâtiment voisin, dont le toit est en partie découvert à la suite de travaux.

Une panne de l'alimentation en énergie électrique ayant provoqué l'arrêt de la pompe, ainsi que du chauffage du bâtiment, les sections non isolées de la tuyauterie se trouvent exposées au froid, ce qui entraîne une cristallisation de l'acide acrylique, qui bouche la conduite. Le dispositif de surveillance de la température étant installé dans une partie non exposée au froid, les températures enregistrées ne reflètent pas le problème. Après une trentaine de minutes, l'installation peut être remise en service. La pompe refoulant le produit vers la section de tuyau bouchée, la température de l'acide acrylique en aval de la pompe augmente fortement, et une réaction de polymérisation s'amorce. Après réchauffement de la section de tuyau gelée, les noyaux de polymérisation sont renvoyés par le système de circulation dans le réservoir de stockage et déclenchent une réaction de polymérisation d'abord lente, puis de plus en plus rapide, provoquant au bout de quatre jours l'explosion du réservoir suivie d'un incendie.

Exemple 16

CONDUITE OBTURÉE PAR LE GEL

■ *Un changement sur un bâtiment voisin de l'installation (absence de couverture du bâtiment) n'a pas été identifié comme de nature à compromettre l'efficacité des mesures de prévention (protection contre le froid). La survenue, dans ce contexte, d'une coupure de courant, a créé une situation dangereuse*

■ *Des travaux de construction à proximité d'une installation peuvent modifier des paramètres influant sur la sécurité de l'installation*

■ *Les conséquences possibles des changements apportés sur les installations voisines (y compris pour une période de temps limitée) doivent être examinées*

■ *Dans certains cas, ce sont les changements apportés à proximité de l'installation qui créent des situations dangereuses*

Exemple 17

CONDUIT DE
DÉCHARGE
OBTURÉ PAR LE GEL

Dans un entrepôt de stockage de gaz liquéfiés, une cuve sphérique doit être soumise à un test de pression à l'eau, dans le cadre d'une révision périodique. Lors de ce test, de la vapeur d'eau passe dans le réseau de canalisations amenant les gaz de détente à une installation de combustion. La température extérieure étant basse, il se forme de la glace au niveau de certaines vannes, et une canalisation est obturée.

Peu de temps après, alors qu'il faut décharger la pression dans une autre cuve sphérique, le bouchon de glace provoque une montée en pression dans cette cuve, suivie d'une fuite de gaz due à une bride présentant un défaut d'étanchéité. Seul un réchauffage au moyen de flexibles contenant de la vapeur, rapidement mis en place, permettra d'éliminer la glace et d'arrêter la fuite de gaz.

- *Non prise en compte des effets combinés de la présence d'humidité dans les canalisations et des conditions atmosphériques*
- *A la fin des travaux, il faut s'assurer que les fluides auxiliaires introduits dans un système ont été totalement éliminés*
- *Il faut tenir compte des effets éventuels des conditions atmosphériques (le froid, en l'occurrence) sur les utilités (fluides auxiliaires) mises en œuvre en mode de fonctionnement spécial (test, dans le cas présent)*

Dans une laiterie, un accident est survenu à la suite d'un dysfonctionnement du dispositif d'empilage des pots, sur une machine de remplissage et de fermeture. Le mécanicien ayant réussi à remédier à la panne, il remet en place le dispositif de protection interdisant l'accès aux points d'écrasement et de cisaillement, et autorise la remise en marche de la machine.

Après quelques cycles, la panne se reproduit. Le mécanicien retire immédiatement le protecteur, sans avoir consigné la machine, ni indiqué au conducteur qu'il doit interrompre la production. En effet, il suppose que ce dernier a remarqué sa présence. Alors que la tête du mécanicien se trouve entre le dispositif d'empilage et le cadre de la machine, le conducteur, qui tourne le dos au mécanicien, fait avancer la machine pour mettre en place un pot manquant. La barre du dispositif de positionnement des pots vient alors heurter la tête du mécanicien, qui est gravement blessé.

Exemple 18

ABSENCE DE COORDINATION LORS D'UN DÉPANNAGE

- *Absence de concertation entre l'opérateur de maintenance et le personnel d'exploitation*
- *Pas de mise en sécurité de la machine*

- *Ne pas commencer / reprendre le travail sans avoir informé tous les intéressés*
- *Les machines pouvant présenter des mouvements dangereux doivent être mises en sécurité pour éviter tout redémarrage intempestif*

Après des travaux de maintenance sur le poste de transformation d'une centrale électrique, l'unité chargée de l'intervention autorise la remise en service d'un élément du réseau alors que le dispositif de mise à la terre n'est pas encore complètement retiré. Il en résulte un court-circuit et une panne de courant de grande ampleur.

Exemple 19

MISE À LA TERRE NON RETIRÉE

- *Opérateurs de maintenance : à la fin des travaux, retirer les dispositifs de mise en sécurité utilisés pour l'intervention*
- *Exploitants : contrôler l'état de l'installation avant d'autoriser la remise en service*
- *Concepteurs : prévoir les conséquences d'un court-circuit*

Exemple 20

BRIDES OBTURÉES

Un réservoir de stockage de 1000 m³ est destiné à la casse. Il est rincé à l'eau et nettoyé à la vapeur d'eau. Pour éviter une gêne olfactive, quelqu'un couvre les piquages ouverts d'une feuille d'aluminium. Cette intervention apparemment bénigne va à l'encontre des mesures destinées à prévenir le risque de mise en dépression. Une violente pluie d'orage ayant provoqué un brusque refroidissement du réacteur, la vapeur d'eau se condense sur la paroi interne du réservoir, dans lequel l'air extérieur ne peut pas pénétrer assez rapidement du fait de l'obturation des piquages. La mise en dépression provoque une déformation du réservoir. Cet événement, sans gravité sur un réservoir destiné à la casse, se serait traduit, dans toute autre situation, par un dommage matériel important.

■ Une mesure prise dans une bonne intention (éviter une gêne olfactive en obturant des brides ouvertes) a neutralisé les mesures de prévention des risques de mise en surpression ou de dépression

- Toute intervention sur un système (ici : obturation) doit être décidée en concertation avec l'ensemble des intéressés, et non de son propre chef par un opérateur
- Sur les installations en plein air, il faut toujours tenir compte des facteurs météorologiques

Exemple 21

SIPHON PURGÉ DE SON EAU

Dans une installation de fabrication de colorants, un ventilateur doit être remplacé sur la conduite d'effluents gazeux. Lors de l'intervention, le siphon de la conduite d'effluents gazeux est purgé de son eau. Il en résulte une liaison ouverte entre la conduite d'effluents et une canalisation d'eaux usées. Lors du redémarrage de l'installation, il se produit au-dessus de la canalisation d'eaux usées un dégagement de phosgène, une substance toxique formée lors du process.

- Opérateurs de maintenance : après toute intervention, remettre les dispositifs de sécurité en service
- Opérateurs de production : procéder à un contrôle à la fin des travaux
- Concepteurs : prévoir la possibilité de vérifier le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité

Après des travaux de maintenance sur une tuyauterie de chlore, la tuyauterie est nettoyée à l'acétone. Lors de la remise en service, le chlore réagit très violemment avec les résidus de solvant. La chaleur de la réaction provoque un incendie dans la tuyauterie. Ce type d'accident (incendie chlore-fer) est classique dans le cas des conduites de chlore ayant été en contact avec des substances organiques [9].

Exemple 22

PRODUIT DE NETTOYAGE DANS UNE CONDUITE DE CHLORE

- *Le demandeur de l'intervention doit informer les intervenants des risques spécifiques liés aux produits de nettoyage*

Dans une colonne à garnissage, le SO_3 formé lors de la distillation d'oléum est absorbé par l'acide sulfurique. A la suite d'une panne, une réparation doit être effectuée sur la colonne. Au cours de l'intervention, une petite quantité de garnissage tombe dans la partie inférieure de la colonne. Lors du redémarrage de l'installation, ces éléments de garnissage sont entraînés dans la conduite d'acide, qui se bouche. Le reflux de l'acide sulfurique jusqu'à hauteur de l'entrée du gaz provoque une violente réaction à ce niveau. La colonne se brise sous l'effet de la chaleur et il se produit un dégagement de SO_3 .

Exemple 23

PRÉSENCE ACCIDENTELLE DU PRODUIT DE GARNISSAGE EN PARTIE BASSE D'UNE COLONNE

- *Opérateurs de maintenance : après toute intervention, éliminer les corps étrangers, les impuretés et le matériel utilisé pour l'intervention*
- *Opérateurs de production : procéder à un contrôle à la fin des travaux*
- *Concepteurs : prévoir des mesures de sécurité évitant un sur-remplissage*

Récits d'accidents

Exemple 24

TUBE DE PROTECTION
ABSENT

Lors de la révision d'un réservoir de stockage, le technicien chargé des dispositifs de mesure démonte une sonde radioactive (utilisée comme indicateur de niveau de remplissage) et la range en vue de son remontage. A une phase ultérieure de l'intervention, les mécaniciens retirent en outre le tube de protection de la sonde, mais le mettent de côté sans en indiquer la provenance. Lors du remontage de la sonde, le tube de protection est oublié. Le câble maintenant le dispositif est alors exposé aux produits contenus dans le réservoir, et subit une corrosion.

Le retrait du tube protecteur n'a pas été signalé aux collègues concernés. On a remonté le dispositif sans remarquer l'absence du tube, du fait de l'intervention de deux équipes ayant des attributions différentes.

- *Opérateurs de maintenance: ne pas effectuer de travaux sans concertation, contrôler l'installation avant d'en autoriser l'exploitation*
- *Exploitants: contrôler l'état de l'installation avant d'en autoriser la remise en service*

Exemple 25

COUVERCLE DE FILTRE
NON REVISSÉ

Deux filtres étant utilisés en alternance, le passage de l'un à l'autre donne lieu à un dégagement de produit de réaction sous le capot de protection de l'un des deux filtres, préalablement nettoyé et remis en état.

Après nettoyage et réparation, le filtre devait rester ouvert pendant un certain temps. Des panneaux signalaient que le travail n'était pas fini. Lors de la remise en service du filtre, trois jours après l'intervention, les panneaux étaient absents, le couvercle du filtre avait été abaissé et le capot de protection était en place. La présence du capot permettait de penser que le filtre était en état de fonctionner, et empêchait de voir que le couvercle du filtre n'était pas revissé. Il n'y avait pas de consignes écrites pour la remise en service du filtre [9].

- *Ne jamais retirer des panneaux de signalisation sans concertation*
- *Exploitants: ne pas remettre une installation en service avant que l'état de l'installation ait été contrôlé et la remise en service autorisée*

La littérature fournit de nombreux récits similaires à ceux qui précèdent ([4], par exemple).

Analyse des risques, sécurité

Pour la terminologie relative à l'analyse des risques et à la sécurité, on se reportera aux normes EN 1050 et ISO 12100.

Maintenance

Selon la norme EN 13306:2001, le terme de maintenance corrective s'applique aux interventions destinées à remédier à un état d'incapacité de l'installation, donc aux actions exécutées lorsqu'un état d'incapacité est constaté, dans le but de restaurer l'aptitude d'un bien à remplir la fonction requise. L'intervention peut être palliative (on parle alors de « dépannage ») ou curative (on parle alors de « réparation »). La première a un caractère provisoire, la seconde un caractère permanent.

Changements apportés à des installations et équipements de travail

Le terme de changement désigne, dans la présente brochure, toute modification permanente ou provisoire d'une installation ou d'un procédé résultant de la modification, de l'adjonction ou de la suppression de

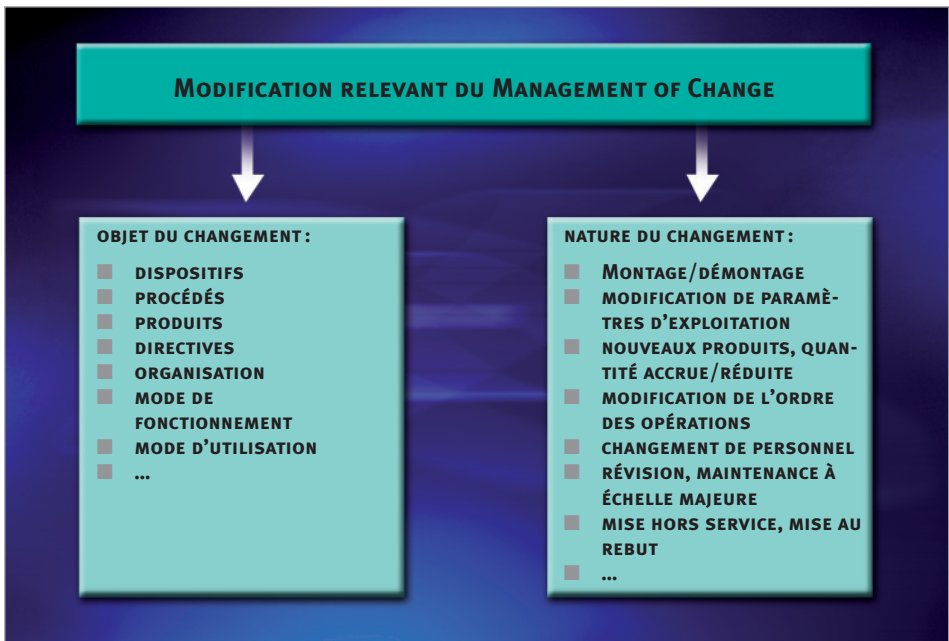
- bâtiments et ouvrages
- appareils, conduites, dispositifs (ou de leur utilisation)
- produits mis en oeuvre, formulations (matières premières, additifs, catalyseurs, par exemple, ou encore concentrations ou quantités)
- paramètres du process (pression, température, durée de séjour, notamment)
- directives d'exploitation, systèmes de mesure-commande-régulation (cycles de nettoyage et de maintenance, par exemple)
- matériaux
- fonctions de sécurité
- capacités de production
- émissions

et les conséquences de ces modifications sur la sécurité de l'installation ou les autorisations requises, y compris en ce qui concerne les essais de fonctionnement et les procédures de mise hors service, de démantèlement et de mise au rebut.

Glossaire

Le changement peut également toucher aux aspects suivants :

- organisation (procédures et modes opératoires au sein d'un secteur de l'entreprise)
- sous-traitants
- infrastructure
- réduction de personnel ou modification / élargissement substantiel des attributions
 - en matière de production ou de maintenance
 - en matière de prévention des risques professionnels et de gestion des urgences dans l'entreprise (du fait d'une complexification des installations, par exemple)



Gestion du changement (Management of Change – MOC)

Le terme MOC s'applique ici au processus, considéré sous l'angle de la sécurité, de gestion des changements permanents ou provisoires apportés à tout ou partie d'une installation. Ce processus a pour effet de faire passer l'installation d'un état initial donné, conforme aux exigences de sécurité, à un état différent, également conforme à ces exigences.

Bibliographie

Brochures et publications diverses

- [1] Brochures du Comité AISS Chimie: Das PAAG-Verfahren (La méthode HAZOP, en allemand), 2000, et Gefahreneermittlung/Gefahrenbewertung (Analyse et évaluation des risques, en allemand), 1997, IVSS Sektion Chemie, c/o Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
- [2] C. Grusenmeyer: Interactions Maintenance-Exploitation et Sécurité, INRS ND 2166
- [3] CRAM Normandie: Analyse de 93 accidents de « dépannage »
- [4] Bulletin CESICS n°1 La simple faute, n°3 La routine – un danger?, n° 8 Immer wieder die gleichen Ursachen (Toujours les mêmes causes, en allemand). Suva, Postfach, CH-6002 Luzern
- [5] Feuillelet Suva 44042.f Deux précautions valent mieux qu'une ; CE93-9.f Interrupteur de sécurité (Interrupteur de révision), Dispositifs de protection contre les démarrages intempestifs, Suva, Postfach, CH-6002 Luzern
- [6] Dispositifs de commande pour la sécurité des personnes travaillant sur machines. IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit, c/o Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
- [7] Clouds of injustice, Bhopal disaster 20 years on. Amnesty International Publications 2004, ISBN: 0-86210-364-9, www.amnesty.org
- [8] Jochen Buchsteiner: Die verwundete Stadt (Une ville meurtrie), FAZ du 26.11.2004. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Francfort, Allemagne. Avec l'autorisation gracieuse de Frankfurter Allgemeine Archiv
- [9] Datenbank sicherheitsrelevanter Ereignisse der Dechema (Banque de données accidents de la Dechema, en allemand), www.dechema.de/ereignis_db
- [10] Maintenance, des activités à risques, INRS, Fiche pratique de sécurité, référence ED 123, 4 p., 2005
- [11] Maintenance. Prévention des risques professionnels, INRS, Fiche pratique de sécurité, référence ED 129, 4 p., 2006
- [12] Consignations et déconsignations, INRS, brochure, référence ED 754, 24 p., 1993
- [13] Intervention d'entreprises extérieures, INRS, brochure, référence ED 941, 72 p., 2004.

Normes

- EN 1050 Sécurité des machines – Principes pour l’appréciation du risque
- EN 13306 Terminologie de la maintenance
- EN ISO 12100 Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception
- EN ISO 13849 Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relative à la sécurité
- CEI 60204 Sécurité des machines – Equipement électrique des machines
- CEI 60447 Principes fondamentaux et de sécurité pour l’interface homme-machine, le marquage et l’identification
- CEI 60812 Technique d’analyse de la fiabilité du système – Procédure d’analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)
- CEI 61882 Etudes de danger et d’exploitabilité (études HAZOP)
- ISO 4413 Sécurité des machines – Transmissions hydrauliques – Règles générales relatives aux systèmes
- ISO 4414 Sécurité des machines – Transmissions pneumatiques – Règles générales relatives aux systèmes
- ISO 14118 Sécurité des machines – Prévention de la mise en marche intempestive

L'AISS ET LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET DES MALADIES PROFESSIONNELLES

La Commission permanente de l'AISS pour la prévention des risques professionnels réunit des spécialistes de tous les pays du monde. Chargée de promouvoir la coopération internationale dans le domaine de la prévention, elle entreprend par ailleurs des études sur des thèmes particuliers tels que le rôle des médias dans le prévention, ou les stratégies de sécurité intégrée au poste de travail, sur la voie publique et à la maison. Elle coordonne les activités du huit comités internationaux spécialisés par branche d'activité (industrie et agriculture), et de trois comités chargés respectivement des techniques d'information, de la recherche et de la formation dans le domaine de la prévention. Différents pays assurent le secrétariat de ces comités.

Les activités des comités internationaux de l'AISS comportent notamment :

- l'échange d'informations entre organismes intervenant dans le domaine de la prévention,
- l'organisation de réunions spécialisées, groupes de travail, tables rondes et colloques internationaux,
- la conduite d'enquêtes et études,
- la promotion de la recherche,
- la publication d'informations sur la prévention

Si vous souhaitez obtenir plus de précisions sur ces comités et sur le travail de l'AISS dans le domaine de la prévention des risques professionnels, un dépliant intitulé « Sécurité pour tous » peut vous être adressé par le secrétariat général de l'AISS, en langue allemande, anglaise, espagnole ou française.

LES MEMBRES DES COMITÉS INTERNATIONAUX

Chaque comité international de l'AISS a trois catégories de membres :

- peuvent devenir membres de plein droit les **membres de plein droit** ou les membres associés de l'AISS et tous autres organismes sans but lucratif,
- peuvent devenir **membres associés** les entreprises ou les organismes à but lucratif disposant d'une qualification particulière dans le domaine d'activité du comité,
- peuvent devenir **membres correspondants**, à titre individuel, les spécialistes du domaine d'activité du comité.

Des informations complémentaires et des formulaires d'adhésion vous seront adressés sur simple demande par les secrétariats des différents comités.

L'UN AU MOINS DES COMITES DE PREVENTION DE L'AISS CORRESPOND A VOTRE SECTEUR : N'HESITEZ PAS A LE CONTACTER



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour L'AGRICULTURE
Bundesverband der landwirtschaftlichen
Berufsgenossenschaften (BLB)
Weissensteinstrasse 72
34131 KASSEL-WILHELMSHÖHE
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour la SECURITE DES MACHINES
ET SYSTEMES
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel
und Gaststätten (BGN)
Dynamostrasse 7-11
68165 MANNHEIM
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS pour
L'INDUSTRIE CHIMIQUE
Berufsgenossenschaft der chemischen
Industrie (BG Chemie)
Kurfürsten Anlage 62
69115 HEIDELBERG
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour les MINES
Bergbau-Berufsgenossenschaft (BBG)
Hunscheidtstrasse 18
44789 BOCHUM
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS pour
le BATIMENT et les TRAVAUX PUBLICS
Caisse régionale d'assurance maladie
d'Ile de France (CRAMIF)
17-19, place de l'Argonne
75019 PARIS
France



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour la RECHERCHE
Institut National de Recherche et de
Sécurité (INRS)
30, rue Olivier Noyer
75680 PARIS CEDEX 14
France



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS pour
L'ELECTRICITE – le GAZ - le CHAUFFAGE
URBAIN – L'EAU
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik
und Elektrotechnik (BGFE)
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 COLOGNE
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour L'EDUCATION ET LA FORMATION
Commission de la Santé et de la
Sécurité du Travail du Québec (CSST)
1199, rue De Bleury
MONTREAL
QUEBEC H3C 4E1
Canada



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS pour
L'INFORMATION
Institut pour la prévention, la protection
et le bien-être au travail (PREVENT)
88, rue Gachard, Boîte 4
1050 BRUXELLES
Belgique



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS
pour LE SECTEUR SANTE
Berufsgenossenschaft für Gesundheits-
dienst und Wohlfahrtspflege (BGW)
Pappelallee 35-37
22089 HAMBOURG
Allemagne



COMITE INTERNATIONAL DE L'AISS pour
L'INDUSTRIE METALLURGIQUE
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
(AUVA)
Adalbert-Stifter-Strasse 65
1200 VIENNE
Autriche