

- de sécurité contre la malveillance et de prévention des incendies criminels (Blye et Bacon, 1991).

Higgins (1991) mentionne que le manuel *Fire Protection Handbook* de la NFPA est un guide utile traitant de l'importance de l'ordre et de la propreté pour la prévention des incendies dans les établissements commerciaux et industriels.

L'importance que revêt ce paramètre lorsqu'il s'agit de réduire la charge combustible (c'est-à-dire la quantité de combustibles présents dans les locaux) et de prévenir l'exposition aux sources d'inflammation est reconnue dans les outils informatiques modernes qui sont utilisés pour évaluer les risques d'incendie dans les locaux industriels. Le logiciel *FREM* (Fire Risk Evaluation Method, ou méthode d'évaluation des risques d'incendie) utilisé en Australie considère que l'ordre et la propreté sont un facteur clé pour la sécurité incendie (Keith, 1994).

Les appareils utilisant l'énergie thermique

Dans le commerce et dans l'industrie, les appareils qui emploient de l'énergie thermique sont notamment les fours, les chaudières, les séchoirs, les déshydrateurs, les dessiccateurs et les réservoirs de trempe.

Dans le manuel *Industrial Fire Hazards Handbook* de la NFPA, Simmons (1990) relève les risques suivants associés aux appareils de chauffage:

1. Possibilité d'enflammer des matières combustibles entreposées à proximité.
2. Risques associés à des combustibles imbrûlés ou à une combustion incomplète.
3. Surchauffe occasionnant une défaillance du matériel.
4. Inflammation de solvants, de solides ou d'autres matières combustibles en cours de traitement.

On peut réduire les risques d'incendie en veillant à assurer l'ordre et la propreté des installations tout en prévoyant des commandes et des verrouillages de sécurité, une formation et des tests pour les opérateurs et en effectuant les opérations de nettoyage et d'entretien prévues dans un programme efficace de prévention.

Des recommandations détaillées sont présentées dans le *Fire Protection Handbook* de la NFPA (Cote, 1991) pour les diverses catégories d'appareils utilisant de l'énergie thermique. Nous en présentons les grandes lignes dans les paragraphes suivants.

Les fours et les chaudières

Dans les fours et les chaudières, les incendies et les explosions sont souvent attribuables au combustible utilisé, aux substances volatiles libérées par le matériau traité ou à une combinaison des deux facteurs. Beaucoup de ces appareils fonctionnent à des températures comprises entre 500 et 1 000 °C, ce qui dépasse largement le point d'inflammation de la plupart des matières.

Les fours et les chaudières doivent être équipés de commandes et de verrouillages de sécurité empêchant l'accumulation et l'inflammation de gaz combustibles imbrûlés ou de produits résultant d'une combustion incomplète. En général, ces risques existent surtout au cours des opérations de mise en marche et d'arrêt. Une formation spéciale est donc essentielle pour que les opérateurs appliquent toujours les consignes de sécurité.

Un plan de sécurité incendie conçu pour prévenir la propagation du feu prévoit le plus souvent une construction incombustible des bâtiments, l'entreposage des matières combustibles à l'écart de l'équipement et un système quelconque d'extinction automatique.

Les fours de séchage et de cuisson

Ces appareils servent notamment au séchage du bois (Lataille, 1990) et à la cuisson des produits céramiques (Hrbacek, 1984).

Là encore, comme ce sont des appareils qui fonctionnent à haute température, ils constituent un danger pour tout ce qui les entoure. Une bonne conception prévoyant le maintien de distances de séparation adéquates et de bonnes pratiques de nettoyage et d'entretien sont essentielles pour prévenir les incendies.

Les séchoirs à bois présentent des risques supplémentaires parce que le bois constitue en soi une forte charge combustible et qu'il est souvent porté à des températures proches de sa température d'inflammation. Il est essentiel de nettoyer régulièrement les séchoirs pour éviter l'accumulation de déchets et de poussière de bois qui pourraient entrer en contact avec l'équipement de chauffage. On devrait de préférence utiliser des séchoirs de construction incombustible munis d'extincteurs automatiques et d'un bon circuit de ventilation.

Les déshydrateurs et les dessiccateurs

Ces appareils servent à réduire la teneur en humidité de produits agricoles tels que le lait, les œufs, les semences et le foin. Ils peuvent être à chauffage direct, c'est-à-dire que les produits de combustion entrent en contact avec les produits à sécher, ou à chauffage indirect. Dans les deux cas, ils doivent être munis de commandes permettant de couper l'arrivée de la chaleur en cas de hausse excessive de la température ou d'incendie dans l'appareil, dans le circuit d'échappement ou dans le convoyeur, ou encore en cas de défaillance du système de ventilation. Encore une fois, il est nécessaire de procéder à des nettoyages réguliers pour prévenir l'accumulation de substances pouvant prendre feu.

Les réservoirs de trempe

Les principes généraux de sécurité incendie applicables aux réservoirs de trempe ont été définis par Ostrowski (1991) et Watts (1990).

La trempe ou refroidissement contrôlé consiste à plonger un métal chauffé à haute température dans un réservoir rempli d'huile de trempe afin de le durcir ou de modifier autrement ses propriétés physiques.

Les réservoirs de trempe sont le plus souvent remplis d'une huile minérale combustible. L'huile doit être soigneusement choisie en fonction de chaque application, de façon que sa température d'inflammation soit sensiblement supérieure à la température que le réservoir peut atteindre lorsque les pièces métalliques chauffées y sont plongées.

Il est essentiel d'éviter le débordement de l'huile, ce qui impose de munir les réservoirs de régulateurs du niveau et de drains adéquats.

La cause la plus fréquente d'incendie dans les réservoirs de trempe est l'immersion partielle de pièces portées à haute température. Des convoyeurs ou autres dispositifs de transport appropriés permettent de prévenir ce risque.

Il faut en outre prévoir des moyens d'empêcher la température de l'huile de dépasser certaines limites et de prévenir toute pénétration d'eau à l'intérieur, pour éviter que l'huile ne déborde et cause ainsi d'importants incendies dans le réservoir et aux alentours.

Des installations spécialisées d'extinction automatique au dioxyde de carbone ou à poudre servent souvent à protéger la surface des réservoirs de trempe. On recommande aussi d'équiper le bâtiment d'un système d'extinction automatique à eau (sprinklers). Il est nécessaire, dans certains cas, de prévoir une protection spéciale des opérateurs qui travaillent à proximité des réservoirs. Cette protection consiste souvent en un système à eau pulvérisée.

Il est essentiel en tout premier lieu de donner aux travailleurs une formation adéquate leur permettant de réagir rapidement en cas d'urgence et surtout de se servir d'extincteurs portables.

Les équipements de l'industrie chimique

Les processus destinés à modifier chimiquement la nature de différentes substances ont souvent été la source de grandes catastrophes qui ont gravement endommagé des installations et causé de nombreuses victimes parmi les travailleurs et dans les localités voisines. Les risques associés aux usines de transformation chimique sont attribuables aux incendies, aux explosions et à la libération de produits chimiques toxiques. Les accidents sont souvent causés par des réactions chimiques non maîtrisées ou par l'inflammation de combustibles qui peuvent provoquer une onde de pression, libérer des rayonnements d'une grande intensité ou projeter des objets à de grandes distances.

Les opérations et les équipements des usines

La première étape de la conception consiste à comprendre les processus chimiques en cause et à en connaître le potentiel énergétique. Lees (1980) fait un exposé détaillé des étapes à entreprendre dans *Loss Prevention in the Process Industries*. Citons ici :

- une conception adéquate des procédés de transformation;
- une étude des mécanismes de défaillance et de la fiabilité;
- une définition des risques et des vérifications de sécurité;
- une évaluation des risques (causes et conséquences).

L'analyse des degrés de risque doit porter sur les points suivants :

- probabilité de libération et de dispersion de produits chimiques, surtout s'il s'agit d'agents toxiques ou contaminants;
- effets du rayonnement et de la dispersion des produits de combustion dus à l'incendie;
- conséquences possibles d'explosions et, notamment, d'ondes de choc pouvant détruire d'autres bâtiments et installations.

Les lecteurs intéressés trouveront de plus amples renseignements sur les risques des transformations chimiques et sur leur prévention dans les ouvrages suivants: *Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety* (AIChE, 1993); *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials* (Lewis, 1992); et *Industrial Fire Hazards Handbook* de la NFPA (Linville, 1990).

Le choix de l'emplacement et la protection des installations

Une fois qu'on a précisé les risques d'incendie, d'explosion et de libération de produits toxiques et leurs conséquences possibles, on peut entreprendre de choisir l'emplacement des usines de transformation chimique.

Une fois de plus, Lees (1980) et Bradford (1991) proposent des lignes directrices sur le choix de l'emplacement des usines. Les installations doivent se trouver suffisamment à l'écart des localités voisines pour que ces dernières ne soient pas touchées par un éventuel accident industriel. La technique de l'évaluation quantitative des risques sert couramment à déterminer et réglementer les distances minimales à respecter dans le choix du site des usines de transformation chimique.

La catastrophe survenue en 1984 à Bhopal, en Inde, illustre bien les conséquences de l'implantation d'une usine de produits chimiques trop près d'une collectivité: les produits toxiques libérés par l'accident industriel ont fait plus d'un millier de victimes.

Le fait de prévoir des dégagements suffisants autour des usines de produits chimiques permet en outre de mieux combattre d'éventuels incendies, en les attaquant de tous les côtés, indépendamment de la direction du vent.

Les usines de produits chimiques doivent aussi être adéquatement protégées: salles de commande résistant aux explosions, refuges pour les travailleurs et suffisamment d'équipement de lutte contre l'incendie pour protéger les travailleurs et entreprendre sans délai des opérations efficaces d'extinction.

La maîtrise des déversements

Il importe de réduire le volume d'éventuels déversements de substances inflammables ou dangereuses grâce à une conception appropriée des procédés, à des vannes à sécurité intégrée et à un matériel efficace de détection et de contrôle. Si d'importants déversements se produisent quand même, il y a lieu de les limiter grâce à des espaces entourés de murs ou de terre dans lesquels les matières combustibles peuvent brûler sans danger si elles s'enflamment.

Il est courant que des incendies se déclarent dans des systèmes de drainage. Il faut donc porter une attention particulière aux drains et aux réseaux d'égout.

Les risques des échangeurs de chaleur

Les appareils qui transfèrent de la chaleur entre deux fluides à des températures différentes peuvent constituer une source d'incendie dans les usines de produits chimiques. Des températures locales excessives peuvent provoquer la décomposition et la combustion de nombreuses substances, ce qui peut entraîner la rupture de l'échangeur de chaleur et mettre en contact les deux fluides, déclenchant une violente réaction.

Des inspections et un entretien de haut niveau, ainsi que le nettoyage des échangeurs de chaleur sont essentiels à leur sécurité.

Les réacteurs

Un réacteur est un récipient dans lequel sont réalisées les réactions chimiques voulues. Il peut être de type continu ou discontinu, mais il nécessite dans les deux cas une conception spéciale. Les récipients doivent supporter les pressions pouvant résulter d'explosions ou de réactions non maîtrisées ou, à défaut, être munis de dispositifs de décharge et parfois d'un évent de détente d'urgence.

Parmi les mesures de sécurité à prendre dans le cas des réacteurs chimiques, il faut citer :

- des instruments et des commandes permettant de déceler les incidents possibles, y compris des circuits redondants;
- des opérations soignées de nettoyage, d'inspection et d'entretien du matériel et des commandes de sécurité;
- une formation adéquate assurant aux opérateurs une bonne connaissance des systèmes de commande et des mesures à prendre en cas d'urgence;
- un bon équipement et un personnel compétent de lutte contre l'incendie.

Le soudage et le découpage

Le document *Loss Prevention Data Sheets* de la Factory Mutual Engineering Corporation (FMEC, 1977) révèle que près de 10% des dommages matériels subis dans des installations industrielles découlent d'incidents faisant intervenir le soudage et le découpage de matériaux généralement métalliques. Il est clair que ces opérations présentent d'importants risques d'incendie du fait des étincelles produites et des températures élevées nécessaires pour faire fondre les métaux.

Le document susmentionné précise en outre que la plupart des incendies liés aux opérations de soudage et de découpage sont dus à l'allumage de liquides inflammables, de dépôts graisseux, de poussières combustibles et de bois. Les zones dans lesquelles ces incidents surviennent le plus souvent sont les locaux d'entreposage, les chantiers de construction, les installations en cours de réparation ou de modification et les systèmes d'évacuation de déchets.

Les étincelles produites par le soudage et le découpage peuvent être projetées à 10 m de distance et retomber sur des matières combustibles, déclenchant un feu couvant qui risque de donner lieu ultérieurement à des flammes et à un incendie.

Les opérations électriques

Le soudage et le découpage à l'arc sont des exemples d'opérations faisant appel à l'électricité pour produire un arc, qui constitue la source de chaleur utilisée pour faire fondre et se joindre des métaux. Les gerbes d'étincelles sont courantes. Il importe donc de protéger les travailleurs contre l'électrocution, les étincelles et le rayonnement intense dû à l'arc électrique.

Les opérations de soudage aux gaz et d'oxycoupage

Ces opérations utilisent la chaleur de combustion d'un gaz combustible mélangé à de l'oxygène pour produire une flamme à haute température pouvant faire fondre les métaux à joindre ou à couper. Selon Manz (1991), l'acétylène est le combustible le plus courant dans ces opérations à cause de la haute température de sa flamme (près de 3 000 °C).

La présence d'un gaz combustible et d'oxygène sous pression crée un important risque d'incendie, tant à cause des possibilités de combustion et d'explosion que parce que les bouteilles de gaz peuvent fuir. Il ne faut pas oublier, en effet, que des matières qui ne s'enflamment pas ou qui brûlent lentement à l'air peuvent brûler très intensément dans de l'oxygène pur.

Les précautions et les mesures de sécurité

Manz (1991) a relevé de bonnes pratiques de sécurité dans le manuel *Fire Protection Handbook* de la NFPA.

Ces pratiques comprennent les précautions et mesures de sécurité suivantes:

- conception, installation et entretien adéquats des appareils de soudage et de découpage, en portant une attention particulière à l'entreposage et aux essais d'étanchéité des bouteilles d'oxygène et de gaz combustibles;
- préparation appropriée des zones de travail, de façon à prévenir toute possibilité d'inflammation accidentelle de matières combustibles se trouvant aux alentours;
- contrôle strict de toutes les opérations de soudage et de découpage;
- formation de tous les opérateurs aux pratiques de sécurité;
- obligation pour les opérateurs et les travailleurs se trouvant à proximité de porter des vêtements résistant au feu et des protecteurs oculaires;
- ventilation suffisante pour éviter que les opérateurs et les travailleurs se trouvant à proximité ne soient exposés à des fumées et à des gaz nocifs.

Des précautions particulières s'imposent lors du soudage ou du découpage de réservoirs ou de récipients ayant contenu des matières inflammables. Les lecteurs intéressés trouveront des renseignements utiles à cet égard dans le document *Recommended Safe Practices for the Preparation for Welding and Cutting of Containers that have held Hazardous Substances* de la Société américaine de soudage (American Welding Society (AWS)) (AWS, 1988).

Pour les travaux de construction et de réfection de bâtiments, un document britannique, *Fire Prevention on Construction Sites* (Loss Prevention Council, 1992), donne des renseignements utiles. On y trouvera un modèle de permis de travaux «par points chauds» permettant de contrôler les opérations de soudage et de découpage. Ce document peut servir à la direction de toute usine ou tout site industriel. Un modèle de permis du même genre figure dans la fiche signalétique sur le soudage et le découpage de la Factory Mutual Engineering Corporation (FMEC, 1977).

La protection contre la foudre

La foudre est une cause fréquente d'incendie et de décès dans beaucoup de pays. Aux États-Unis, par exemple, elle tue environ 240 personnes chaque année.

La foudre est une forme de décharge électrique entre des nuages chargés d'électricité statique et la terre. La fiche signalétique de la FMEC (1984) révèle qu'un coup de foudre peut donner lieu à un courant d'une intensité de 2 000 à 200 000 A sous l'effet d'une différence de potentiel de 5 à 50 millions de V entre les nuages et la terre.

La fréquence de la foudre varie selon le pays et la région en fonction du nombre annuel de jours d'orage de la localité. Les dégâts qu'elle cause dépendent dans une large mesure de l'état du sol, les dommages les plus graves se produisant dans les zones où la terre a une forte résistivité.

La protection des bâtiments

La norme 780 de la NFPA, *Standard for the Installation of Lightning Protection Systems* (NFPA, 1995b), définit les caractéristiques de conception permettant de protéger les bâtiments. Même si les aspects théoriques des décharges que représente la foudre ne sont pas encore complètement élucidés, le principe de base de la protection consiste à donner à la foudre un moyen de transmettre son énergie à la terre sans endommager le bâtiment à protéger. Par conséquent, les systèmes de protection contre la foudre ont deux fonctions:

- intercepter la foudre avant qu'elle ne frappe le bâtiment;
- assurer un trajet de décharge sans danger à la terre.

A cet effet, les bâtiments doivent être munis:

- de tiges ou de mâts servant de paratonnerres;
- de conducteurs de descente;
- de bonnes prises de terre, généralement de 10 ohms ou moins.

Davis (1991) donne plus de détails sur la conception des paratonnerres dans le manuel *Fire Protection Handbook* de la NFPA (Cote, 1991). On trouvera également des renseignements à ce sujet dans le *British Standard Code of Practice* de l'Institut britannique de normalisation (British Standards Institute (BSI)) (BSI, 1992).

La foudre peut directement endommager les lignes de transmission aériennes, les transformateurs, les sous-stations extérieures et d'autres installations électriques. Les réseaux de distribution électrique peuvent également transmettre des tensions et des surintensités induites à l'intérieur de bâtiments, ce qui peut provoquer des incendies, des dommages matériels et de graves perturbations des opérations. Des dispositifs de protection contre les surtensions sont nécessaires pour renvoyer ces pointes de tension à la masse par l'intermédiaire de bonnes prises de terre.

L'utilisation accrue de matériels informatiques sensibles dans le commerce et l'industrie a rendu les opérations plus vulnérables aux surtensions transitoires induites dans les câbles de communication et de transport d'énergie de nombreux immeubles. Il importe donc de prévoir une protection adéquate contre les pointes de courant transitoires. On trouvera des renseignements détaillés sur cette question dans la norme BS 6651, *The Protection of Structures Against Lightning*, du BSI (BSI, 1992).

L'entretien

Un entretien adéquat des systèmes de protection contre la foudre est essentiel pour en maintenir l'efficacité. Il faut à cet égard porter une attention particulière aux prises de terre. Toute défaillance de ces dernières peut gravement compromettre l'efficacité de l'ensemble du système de protection.

● LA PROTECTION PASSIVE CONTRE L'INCENDIE

Yngve Anderberg

La circonscription de l'incendie par compartimentage

La planification du bâtiment et du terrain

L'étude des aspects techniques de la sécurité incendie devrait commencer au tout début de la phase de conception, car c'est là un élément essentiel de la planification du bâtiment et de l'aménagement des lieux. Le concepteur sera ainsi en mesure d'incorporer dans ses plans les divers aspects de la protection contre l'incendie de façon beaucoup plus efficace et économique. Il devra tenir compte dans son projet aussi bien des fonctions et de l'aménagement intérieur du bâtiment que de son implantation sur le terrain. Or, les exigences fonctionnelles tendent à prendre de plus en plus le pas sur les exigences normatives des codes, ce qui nécessite le recours à divers experts dans ce domaine. Aussi, le concepteur du bâtiment devra-t-il prendre contact, dès le début du projet de construction, avec des spécialistes en sécurité incendie afin de :

- déterminer les risques d'incendie particuliers du bâtiment;
- proposer différentes alternatives pour atteindre le niveau de sécurité incendie voulu;
- analyser les solutions possibles en fonction de leurs caractéristiques techniques et de leur coût;
- proposer certaines hypothèses de base quant aux possibilités techniques d'assurer une sécurité optimale.

Lorsqu'il doit élaborer le plan d'un bâtiment, tout architecte doit partir des caractéristiques du terrain pour adapter, en fonction de celles-ci, les aspects fonctionnels et techniques du bâtiment projeté. De la même manière, il lui incombe d'étudier les caractéristiques du site avant de prendre les décisions relatives à la sécurité incendie. L'ensemble des caractéristiques propres au site peut déterminer dans une large mesure le type de protection active et passive que peut recommander le spécialiste de la sécurité incendie. Il convient en effet de tenir compte des moyens de lutte contre le feu disponibles localement et du temps nécessaire aux sapeurs-pompiers pour atteindre le bâtiment. Le service d'incendie ne peut pas, à lui seul, assurer la protection complète du bâtiment et de ses occupants. Il doit pouvoir compter sur divers systèmes aussi bien actifs que passifs de sécurité incendie installés sur place pour assurer un degré raisonnable de protection contre les effets d'un incendie. D'une façon générale, ces opérations peuvent être regroupées sous les trois catégories suivantes: sauvetage, lutte contre l'incendie et protection des biens, la première priorité de n'importe quelle opération de lutte contre l'incendie étant évidemment d'évacuer tous les occupants avant que la situation ne devienne critique.

La conception de la structure des bâtiments à partir d'un classement ou de calculs

L'un des moyens courants de codifier les prescriptions en matière de protection contre le feu et de sécurité incendie consiste à effectuer un classement des bâtiments selon leur mode de construction, en fonction des matériaux utilisés pour la charpente ou la structure du bâtiment et du degré de résistance au feu de chacun de ces matériaux. Ce classement peut se faire sur la base d'essais effectués dans des fours conformément à la norme ISO 834 (l'action du feu étant caractérisée par la courbe standard température-temps), d'une combinaison d'essais et de calculs ou uniquement de calculs. On peut déterminer ainsi la résistance standard au feu des éléments porteurs ou des cloisons (c'est-à-dire

leur aptitude à remplir certaines fonctions pendant 30, 60, 90 minutes, etc.). Ce classement (surtout s'il est fondé sur des essais) est une méthode simplifiée et prudente à laquelle on tend à substituer de plus en plus des méthodes de calcul reposant sur la fonction et tenant compte des effets d'incendies naturels pleinement établis. Toutefois, les essais de résistance au feu seront toujours nécessaires, mais ils peuvent être conçus d'une façon plus optimale et être combinés à des simulations sur ordinateur, ce qui permet d'en réduire considérablement le nombre. Au cours des essais de résistance au feu, les éléments porteurs sont généralement soumis à leur pleine charge nominale, même si, en pratique, leur facteur de charge est sensiblement inférieur la plupart du temps. Les critères d'acceptation dépendent de l'ensemble ou de l'élément testé. La résistance standard au feu est égale à l'intervalle de temps pendant lequel l'élément peut supporter le feu sans défaillance.

Dans les codes modernes basés sur la performance, l'objectif recherché pour ce qui est des structures et de la sécurité incendie est qu'elles soient optimales du point de vue de la protection contre le feu, en fonction de la gravité anticipée d'éventuels sinistres. Ces codes ont ouvert la voie à une conception basée sur des calculs grâce auxquels il est possible de prédire les températures et les effets structurels d'un cycle complet d'exposition au feu dans un compartiment (comprenant tant la période d'échauffement que la période de refroidissement qui suit). Ces calculs, qui sont fondés sur des incendies naturels, permettent de s'assurer que les éléments porteurs (essentiels à la stabilité du bâtiment) ainsi que l'ensemble de la structure ne céderont à aucun moment du cycle, y compris pendant la période de refroidissement.

Les recherches approfondies réalisées ces trente dernières années ont permis de développer différents modèles informatiques faisant appel aux propriétés mécaniques et thermiques des matériaux portés à haute température. Quelques modèles ont été validés au moyen de très nombreuses données expérimentales, ce qui permet de prédire assez exactement la résistance au feu des éléments de construction.

Le compartimentage

Dans un bâtiment, un compartiment à l'épreuve du feu est un espace s'étendant sur un ou plusieurs étages, qui est isolé du reste du bâtiment par des éléments séparatifs conçus pour empêcher la propagation du feu à l'extérieur du compartiment dans des conditions données d'exposition au feu. Ce compartimentage est important pour empêcher un incendie de s'étendre à d'autres locaux ou à l'ensemble du bâtiment. Les personnes et les biens qui se trouvent à l'extérieur du compartiment où l'incendie s'est déclaré sont à l'abri parce que le feu aura été éteint ou se sera éteint tout seul avant de les atteindre, ou parce que les éléments séparatifs du compartiment auront suffisamment retardé la propagation des flammes et de la fumée pour permettre d'évacuer tous les occupants.

La résistance au feu requise d'un compartiment dépend de l'usage auquel on le destine et de la gravité anticipée d'un incendie éventuel. Les éléments délimitant le compartiment sont conçus pour supporter sans défaillance l'incendie le plus grave que l'on aura anticipé ou pour retarder la propagation du feu jusqu'à ce que l'on ait eu le temps d'évacuer tous les occupants. Les éléments porteurs à l'intérieur du compartiment doivent résister au cycle complet du feu ou avoir une résistance nominale (exprimée en unités de temps) égale ou supérieure à celle des éléments délimitant le compartiment.

L'intégrité structurale pendant un incendie

Le maintien de l'intégrité structurale d'un compartiment pendant un incendie signifie que la structure de ce compartiment ne s'effondrera pas et que les éléments séparatifs empêcheront le feu et les flammes de se propager à l'extérieur. Il existe différents

moyens d'évaluer la résistance au feu: classement basé sur l'essai normalisé de résistance au feu selon la norme ISO 834, combinaison d'essais et de calculs ou calculs seulement avec extrapolations informatiques basées sur les performances d'une structure après exposition réelle au feu.

Le revêtement intérieur

Le revêtement intérieur est constitué des matériaux qui forment la surface intérieure des murs, des plafonds et des planchers. On se sert de nombreux matériaux de revêtement (plâtre, gypse, bois, plastiques), qui jouent différents rôles: acoustique, isolation et protection contre l'usure et l'abrasion. Le revêtement intérieur intervient de quatre façons différentes dans un incendie: il peut modifier le rythme d'intensification du feu et, par conséquent, le temps nécessaire pour atteindre le stade de l'embrasement général, accélérer la propagation des flammes, accroître la quantité de chaleur produite en brûlant lui-même et dégager de la fumée et des gaz toxiques. Il est bien sûr préférable d'éviter les matériaux qui accélèrent la propagation du feu, augmentent la charge combustible ou produisent des quantités dangereuses de fumée et de gaz toxiques.

Le mouvement de la fumée

Au cours d'un incendie, il arrive fréquemment que la fumée aille bien au-delà des locaux qui brûlent. Elle peut envahir les cages d'escalier et d'ascenseur, empêchant l'évacuation des occupants et compromettant les opérations d'extinction. On admet aujourd'hui que la fumée est la principale cause de décès en cas d'incendie (voir figure 41.4).

Le mouvement de la fumée est influencé par l'effet naturel de cheminée, la force ascensionnelle des gaz de combustion, l'action du vent, les systèmes de ventilation à air pulsé et l'effet de piston des ascenseurs.

Par temps froid, l'air est animé d'un mouvement ascendant dans les conduits verticaux des bâtiments. Plus chaud que l'air extérieur et donc plus léger, l'air intérieur a tendance à monter dans les gaines et conduits verticaux. Ce phénomène est connu sous le nom d'effet cheminée. La différence de pression entre le conduit ou la gaine et l'extérieur, qui agit sur le mouvement de la fumée, est exprimée par l'équation:

$$\Delta P_{SO} = \frac{g P_{atm}}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_s} \right) \zeta$$

dans laquelle

ΔP_{SO} = la différence de pression entre le conduit ou la gaine et l'extérieur

g = l'accélération de la pesanteur

P_{atm} = la pression atmosphérique absolue

R = la constante universelle des gaz pour l'air

T_0 = la température absolue de l'air extérieur

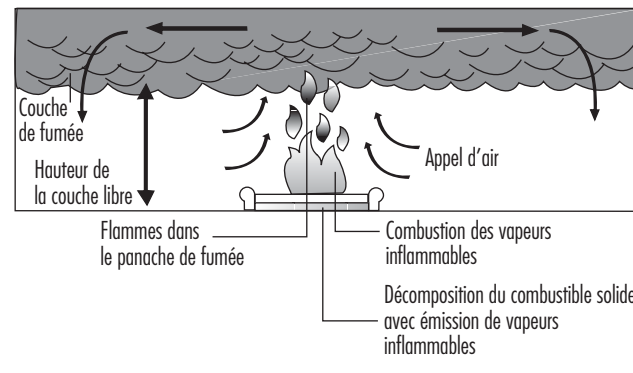
T_s = la température absolue de l'air à l'intérieur du conduit ou de la gaine

ζ = l'altitude

La fumée à haute température qui se dégage d'un incendie est animée d'un mouvement ascendant parce qu'elle est plus légère que l'air ambiant. L'équation régissant la force ascensionnelle des gaz de combustion est semblable à celle de l'effet cheminée.

En plus de cette force ascensionnelle, l'énergie produite par un incendie peut déplacer la fumée sous l'effet de la dilatation. Comme l'air circule dans le compartiment à l'épreuve du feu, la fumée chaude y est distribuée. En négligeant la masse supplémentaire de combustible, on peut exprimer le rapport des débits volumétriques simplement par le rapport des températures absolues.

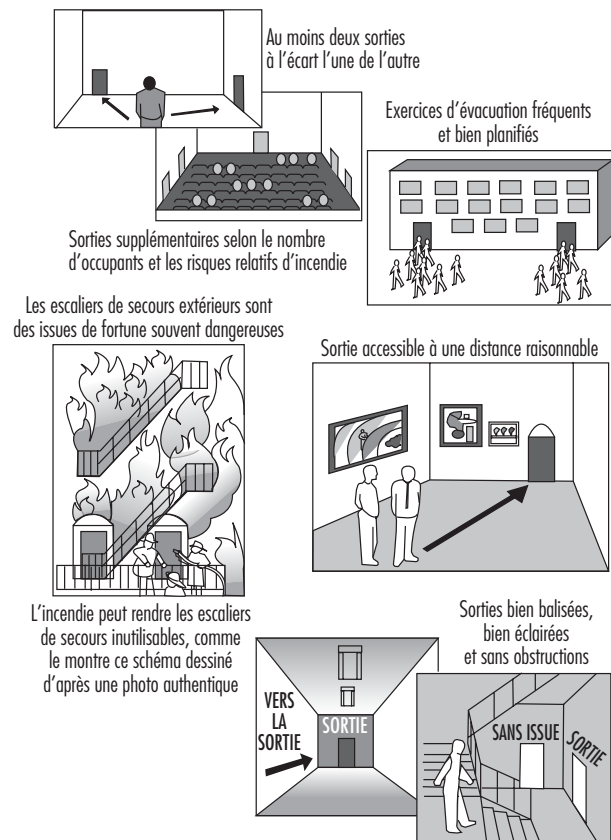
Figure 41.4 • Production de fumée au cours d'un incendie



Le vent a un effet prononcé sur le mouvement de la fumée. Il ne faut pas non plus négliger l'effet de piston des ascenseurs: le déplacement de la cabine dans sa cage produit des pressions transitoires. Le système de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) déplace aussi la fumée en cas d'incendie. Lorsqu'un feu se déclare dans une partie inoccupée d'un bâtiment, le système CVC peut transporter la fumée dans des locaux occupés. Il devrait par conséquent être conçu pour couper la ventilation ou passer à un mode spécial de désenfumage en cas d'incendie.

On peut maîtriser le mouvement de la fumée en recourant à l'un des moyens suivants: compartimentage, dilution, courant d'air, pressurisation ou contrôle de la force ascensionnelle.

Figure 41.5 • Conception des moyens d'évacuation



L'évacuation des occupants

La conception des sorties

La conception des sorties devrait se fonder sur une évaluation globale de la protection contre l'incendie du bâtiment (voir figure 41.5).

Les occupants qui quittent un bâtiment en feu sont influencés par un certain nombre d'impressions au cours de l'évacuation. Ils ont à prendre plusieurs décisions dont peut dépendre leur vie. Bien sûr, les réactions peuvent être très différentes, selon les aptitudes physiques et mentales des occupants et les conditions dans lesquelles ils se trouvent.

Le bâtiment influe également sur les décisions prises en fonction des voies d'évacuation qu'il offre, de la clarté du balisage et de l'efficacité des systèmes de sécurité installés. En fait, c'est la propagation des flammes et de la fumée qui agit le plus sur les décisions des occupants. La fumée limite la visibilité et rend l'atmosphère irrespirable. De plus, le rayonnement thermique de l'incendie et des flammes crée de grands espaces que les personnes ne peuvent pas traverser pour quitter les lieux, ce qui augmente les risques.

Pour concevoir les moyens d'évacuation, il importe de se familiariser d'abord avec les réactions des gens face à un incendie et de comprendre leurs schémas de déplacement.

Le temps d'évacuation se subdivise en trois parties: temps d'avertissement, temps de réaction et temps de sortie. Le temps d'avertissement dépend de l'existence d'un système d'alarme incendie dans le bâtiment, de l'aptitude des occupants à comprendre la situation ou du mode de compartimentage des locaux. Le temps de réaction est déterminé par l'aptitude des occupants à prendre des décisions, les caractéristiques de l'incendie (comme la quantité de chaleur et de fumée) et la conception des moyens d'évacuation. Enfin, le temps de sortie dépend des endroits du bâtiment où se forment des foules et de la façon dont les gens agissent dans diverses situations.

Des études réalisées dans des immeubles particuliers dont les occupants n'avaient pas de difficultés à se déplacer ont révélé que le flux des gens qui quittent un bâtiment présente certaines caractéristiques d'écoulement reproductibles. L'existence de telles caractéristiques a favorisé le recours à la simulation et à la modélisation sur ordinateur dans la conception des sorties.

Les distances à parcourir pour l'évacuation d'un bâtiment dépendent des risques d'incendie que présente son contenu. Plus les risques sont grands, plus la distance à franchir pour quitter le bâtiment doit être courte.

L'évacuation d'un bâtiment nécessite l'existence d'un trajet de sortie sûr. Il faut donc prévoir un certain nombre de trajets d'évacuation bien conçus et d'une capacité suffisante. A chaque endroit du bâtiment, il faudrait que les occupants puissent emprunter au moins deux trajets de sortie, compte tenu du fait que l'incendie, la fumée, les caractéristiques des occupants et bien d'autres facteurs peuvent empêcher d'emprunter l'un d'eux. Ceux-ci doivent être protégés contre l'incendie, la chaleur et la fumée pendant la durée de l'évacuation. Par conséquent, il est nécessaire que les codes de construction tiennent compte de la protection passive en fonction de l'évacuation et, bien sûr, de la protection contre l'incendie. Un bâtiment doit pouvoir supporter les situations critiques mentionnées dans les codes au sujet de l'évacuation. Ainsi, le code suédois du bâtiment interdit que la couche de fumée aille au-dessous de $1,6 + 0,1H$ (H étant la hauteur totale du compartiment), et établit le rayonnement maximal à 10 kW/m^2 pendant une courte durée et la température maximale de l'air respiré à $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

On peut procéder à une évacuation sûre si l'incendie est découvert assez tôt et si les occupants sont rapidement avertis grâce à un bon système de détection et d'alarme. Des sorties bien balisées

facilitent sûrement l'évacuation. Il est également nécessaire d'établir une procédure d'évacuation et d'organiser des exercices d'incendie.

Le comportement humain en cas d'incendie

La réaction d'une personne lors d'un incendie dépend du rôle qu'elle joue, de son expérience antérieure, de son éducation et de sa personnalité. Elle dépend aussi de la façon dont elle perçoit la menace que représente l'incendie, des caractéristiques physiques et des moyens d'évacuation prévus dans le bâtiment et de la réaction des autres personnes qui se trouvent dans la même situation. Des études et des interviews détaillées, réalisées sur une période de trente ans, ont permis de prouver que les réactions de panique et de manque d'adaptation à la situation sont rares et ne se produisent que dans des circonstances particulières. Le comportement le plus courant en cas d'incendie se fonde sur une analyse de l'information disponible, qui aboutit le plus souvent à la coopération et à l'altruisme.

On a constaté que le comportement humain passe par un certain nombre de phases connues, mais peut emprunter différents chemins entre deux étapes données. En bref, un incendie fait passer par trois grandes phases:

1. La personne capte des indications initiales, essaie de les confirmer ou les interprète mal.
2. Une fois que l'incendie est visible, la personne tente d'obtenir plus de renseignements, de contacter d'autres personnes ou de s'en aller.
3. Par la suite, la personne affronte l'incendie, agit avec d'autres personnes ou s'enfuit.

L'activité pratiquée avant l'incendie joue un rôle important. Ainsi, le fait de se livrer à une activité courante (par exemple, prendre un repas dans un restaurant) a des effets considérables sur le comportement.

La réception des signaux d'avertissement est souvent fonction de l'activité pratiquée avant l'incendie. A cet égard, il y a probablement des différences entre les deux sexes, les femmes étant plus susceptibles de capter des bruits et des odeurs, même faibles. Il y a également des différences dues au rôle dans la réaction initiale aux signaux d'avertissement. Ainsi, dans un incendie domestique, si c'est la femme qui a capté les premiers signaux et est allée aux renseignements, l'homme, une fois averti, aura tendance à vouloir «jeter un coup d'œil», ce qui retardera les décisions suivantes. Dans de grands établissements, le signal peut consister en une alarme incendie. L'information peut aussi provenir d'autres personnes et on a pu constater, dans ce cas, qu'elle ne favorise pas un comportement adéquat.

Certaines personnes peuvent ne pas s'être rendu compte qu'il y avait un incendie. Pour comprendre leur comportement, il faut savoir si elles ont ou non évalué correctement la situation.

Une fois que l'on a pris conscience du sinistre, la phase de «préparation» se déclenche. La destination particulière du bâtiment a probablement une grande influence sur le développement de cette phase, qui comprend, dans l'ordre chronologique, les étapes d'avertissement, d'exploration et de retrait.

La phase d'«action», qui est la dernière, dépend du rôle, de la destination du bâtiment ainsi que du comportement et de l'expérience antérieurs. Elle peut comporter une évacuation rapide ou des mesures efficaces de lutte contre l'incendie.

Les systèmes de transport à l'intérieur d'un bâtiment

Les systèmes de transport d'un bâtiment doivent être considérés dès l'étape de la conception et, dans la mesure du possible, être intégrés dans l'ensemble de la conception de la sécurité incendie. Les risques qu'ils présentent doivent être inclus dans toute étude préalable de planification et de protection contre l'incendie.

Les systèmes de transport tels que les ascenseurs et les escaliers mécaniques rendent possible la construction d'immeubles de grande hauteur. Dans ce type d'immeubles, les cages d'ascenseur peuvent favoriser la propagation des flammes et de la fumée. En revanche, les ascenseurs peuvent être utiles pour y lutter contre l'incendie.

Les systèmes de transport peuvent créer des problèmes dangereux et compliqués de sécurité incendie. Une cage d'ascenseur joue en effet le rôle de cheminée ou de conduit de fumée parce que les gaz chauds ont tendance à monter. L'effet cheminée permet en général à la fumée et aux produits de combustion de passer des étages inférieurs aux étages supérieurs.

Les immeubles de grande hauteur posent des problèmes nouveaux et différents aux services d'incendie, surtout en ce qui concerne l'utilisation des ascenseurs en cas d'urgence. Les ascenseurs sont dangereux pendant un incendie pour plusieurs raisons:

1. Des occupants peuvent pousser le bouton d'appel des ascenseurs dans un corridor et attendre l'arrivée d'une cabine qui ne viendra peut-être jamais, perdant ainsi un temps précieux.
2. Les ascenseurs ne font pas de différence entre les cabines ou entre les étages d'où provient un appel et peuvent s'arrêter à un étage déjà envahi par les flammes.
3. Les ascenseurs ne se mettent pas en marche tant que la porte de la cabine et celle de l'étage ne sont pas fermées. La panique peut amener un nombre excessif de passagers à entrer dans une cabine, bloquant ainsi les portes et par conséquent tout mouvement de l'ascenseur.
4. Si l'incendie coupe l'alimentation en électricité, les passagers de l'ascenseur seront pris au piège (voir figure 41.6).

Les exercices d'évacuation et la formation des occupants

Un bon balisage des trajets de sortie facilite l'évacuation, mais ne garantit pas la sécurité des occupants en cas de sinistre. Des exercices d'incendie sont nécessaires pour assurer une évacuation ordonnée. Ils sont essentiels dans les écoles, les établissements de soins, les établissements où vivent des pensionnaires et les industries où les risques d'incendie sont élevés. Ainsi, des exercices doivent être organisés à l'intention des employés des hôtels et des grandes entreprises. Les exercices d'évacuation permettent d'éviter la confusion et de faire sortir tous les occupants.

On devrait désigner les employés chargés de contrôler la sûreté des trajets de sortie, de compter les occupants une fois qu'ils ont quitté la zone de l'incendie, de chercher les retardataires et d'interdire aux gens de retourner à l'intérieur du bâtiment. Ils devraient également pouvoir reconnaître le signal d'évacuation et connaître les trajets de sortie à emprunter. Le trajet principal et le trajet secondaire devraient être établis et tous les employés devraient recevoir la formation nécessaire pour emprunter l'un ou l'autre. Après chaque exercice, les cadres compétents devraient tenir une réunion pour évaluer le succès de l'opération et résoudre tout problème qui se serait posé.

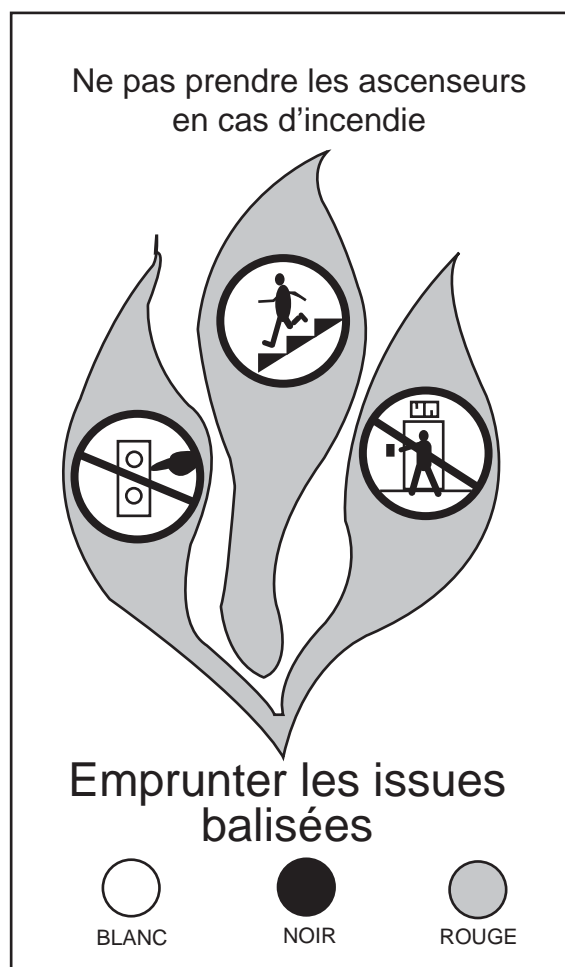
● LA PROTECTION ACTIVE CONTRE L'INCENDIE

Gary Taylor

La protection des personnes et des biens

Le rôle premier de toute mesure de protection contre l'incendie est d'assurer un degré de sécurité adéquat aux occupants d'un bâtiment. C'est pour cette raison que, dans la plupart des pays, les prescriptions légales de sécurité incendie se fondent sur la sauvegarde de la vie humaine. Les caractéristiques de protection des

Figure 41.6 • Pictogramme avec mise en garde concernant l'utilisation des ascenseurs



biens sont destinées à limiter les dommages matériels. Dans beaucoup de cas, les deux objectifs sont complémentaires. En fait, un propriétaire qui craint de perdre des biens, des fonctions opérationnelles ou le contenu d'un bâtiment peut décider de mettre en œuvre des mesures allant au-delà du minimum nécessaire pour protéger la vie des occupants.

Les systèmes de détection et d'alarme incendie

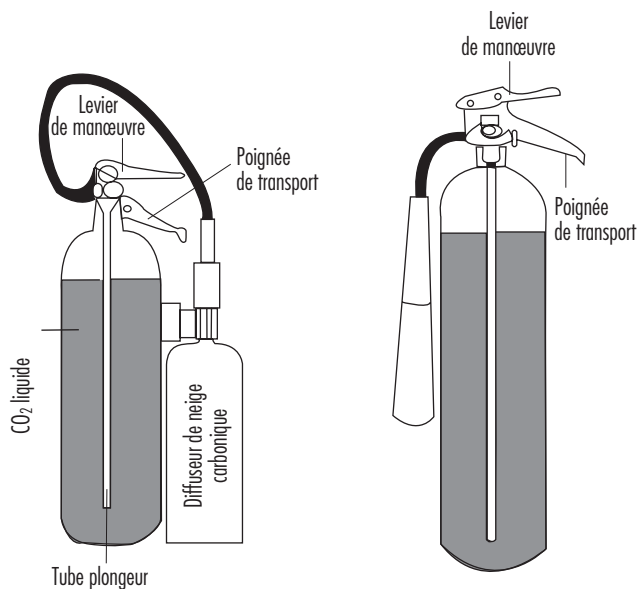
Un système de détection et d'alarme incendie a pour but de déceler automatiquement un incendie et d'avertir les occupants du danger. C'est l'avertissement sonore ou visuel produit par le système qui donne le signal d'évacuation. Cela est particulièrement important dans les grands bâtiments et les immeubles à étages multiples dont les occupants pourraient ne pas être conscients du danger et là où il est peu probable ou difficile qu'un occupant donne l'alerte aux autres.

Les éléments de base d'un système de détection et d'alarme

Un système de détection et d'alarme incendie comprend quelques-uns ou la totalité des éléments suivants:

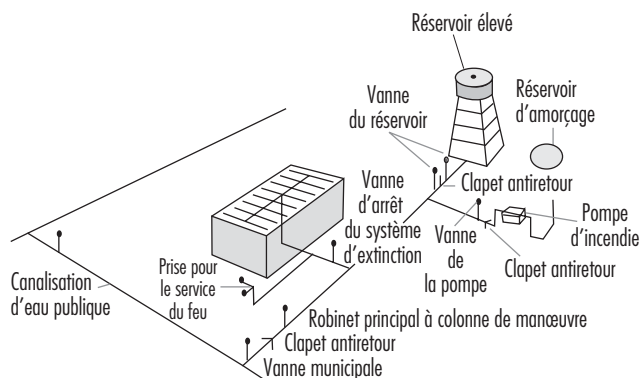
1. Une commande centrale du système.
2. Une alimentation primaire ou principale en courant électrique.

Figure 41.7 • Extincteurs portatifs



3. Une alimentation secondaire (de secours) en courant électrique: piles, batterie d'accumulateurs ou groupe électrogène de secours.
4. Des dispositifs de déclenchement d'alarme (détecteurs automatiques d'incendie, postes manuels ou extincteurs automatiques) branchés sur les «circuits déclencheurs» de la commande centrale du système.
5. Des dispositifs de signalisation d'alarme, comme des sonneries ou des lampes, branchés sur les «circuits de signalisation» de la commande centrale du système.
6. Des commandes auxiliaires d'asservissement permettant, par exemple, de couper la ventilation, branchées sur les circuits de sortie de la commande centrale du système.
7. Une téléalarme branchée sur un service extérieur, comme le service local d'incendie ou une centrale de télésurveillance.
8. Des circuits de commande permettant d'activer un système de protection contre l'incendie ou un système de désenfumage.

Figure 41.8 • Installation type d'extinction automatique avec sources d'eau, bouches d'incendie extérieures et canalisations souterraines



Les systèmes de désenfumage

Les systèmes de désenfumage permettent de réduire le risque de voir la fumée d'un incendie envahir les trajets de sortie pendant l'évacuation des occupants du bâtiment. En général, des systèmes de ventilation forcée servent à envoyer de l'air frais dans les trajets de sortie. On recourt le plus souvent à cette méthode pour pressuriser les cages d'escalier et les grandes cours intérieures.

Les extincteurs portatifs et les robinets d'incendie armés

Des extincteurs portatifs et des robinets d'incendie armés sont mis à la disposition des occupants pour leur permettre de combattre les feux naissants (voir figure 41.7). Il ne faudrait cependant pas encourager les occupants à s'en servir à moins qu'ils n'aient reçu une formation spéciale. Dans tous les cas, les opérateurs devraient prendre garde à ne pas se placer dans une situation qui bloquerait l'accès aux trajets de sortie. Même si un feu semble tout petit, la première mesure à prendre est toujours d'avertir les autres occupants du danger et de demander l'aide du service officiel d'incendie.

Les extincteurs automatiques à eau

Les extincteurs automatiques à eau comprennent une source d'alimentation en eau, des vannes et des canalisations de distribution aboutissant à des diffuseurs (sprinklers ou gicleurs) automatiques (voir figure 41.8). Même si les systèmes actuels sont essentiellement conçus pour s'opposer à la propagation du feu, l'expérience montre que dans de nombreux cas ils peuvent éteindre complètement l'incendie.

On croit souvent à tort que tous les diffuseurs d'un système d'extinction automatique s'ouvrent simultanément en cas d'incendie. En fait, chaque diffuseur est conçu pour ne s'ouvrir que si la température monte suffisamment pour indiquer la présence d'un feu à proximité. L'eau ne s'écoule alors que par le ou les diffuseurs qui se sont ouverts. Cela assure une utilisation efficace de l'eau d'extinction et limite les dégâts qu'elle peut occasionner.

L'alimentation en eau

L'eau destinée à un système d'extinction automatique doit avoir en tout temps une pression et un débit suffisants pour assurer un fonctionnement sûr en cas d'incendie. Si les réseaux d'eau publics ne satisfont pas à cette exigence, il faut disposer d'un réservoir ou de pompes pouvant fournir de l'eau en quantité et à une pression suffisantes.

Les vannes d'arrêt

Les vannes d'arrêt doivent être maintenues en position d'ouverture. On peut souvent en surveiller la position au moyen d'interrupteurs de surveillance qui déclenchent un signal de dérangement ou de surveillance sur le panneau de commande d'alarme incendie en cas de fermeture de la vanne. S'il est impossible d'installer un dispositif de surveillance de ce genre, il faut sceller les vannes en position ouverte.

Les canalisations

L'eau s'écoule à travers un réseau de canalisations, généralement suspendu au plafond et muni à intervalles réguliers de diffuseurs d'extinction. Les canalisations utilisées devraient être d'un type pouvant supporter une pression de fonctionnement d'au moins 1 200 kPa. Si elles risquent d'être exposées au feu, leurs raccords devraient consister en joints mécaniques vissés à bride ou être brasés.

Les diffuseurs d'extinction (sprinklers ou gicleurs)

Un diffuseur d'extinction consiste en un orifice obturé par un élément déclencheur thermosensible et surmonté d'un déflecteur

de pulvérisation. La forme du jet d'eau et la distance entre les diffuseurs successifs doivent assurer une couverture complète du local protégé.

Les installations d'extinction spéciales

On se sert d'installations d'extinction spéciales si les systèmes à eau classiques ne peuvent pas assurer une protection adéquate ou lorsqu'on juge inacceptable le risque de dégâts dus à l'eau. Dans beaucoup de cas où les dégâts constituent la première préoccupation, les installations spéciales s'ajoutent aux extincteurs automatiques à eau, mais sont conçues pour se déclencher très rapidement avant que l'incendie ne se soit trop étendu.

Les installations spéciales à eau et à additifs

Les systèmes à eau pulvérisée

Les systèmes d'extinction à eau pulvérisée augmentent l'efficacité de l'eau en la subdivisant en très fines gouttelettes. Ainsi, la superficie de l'eau en contact avec le feu est plus grande, ce qui accroît sa capacité relative d'absorption thermique. Ce type de système sert souvent à refroidir de grands récipients sous pression, comme les sphères de butane, pour les protéger contre l'exposition à un incendie qui a pris naissance dans une zone voisine. Le système est semblable à un système d'extinction automatique à eau classique, sauf que les diffuseurs sont ouverts en permanence et qu'un dispositif de détection distinct ou à manœuvre manuelle ouvre les vannes de commande, ce qui amène l'eau à tous les diffuseurs montés le long des canalisations.

Les systèmes d'extinction à mousse

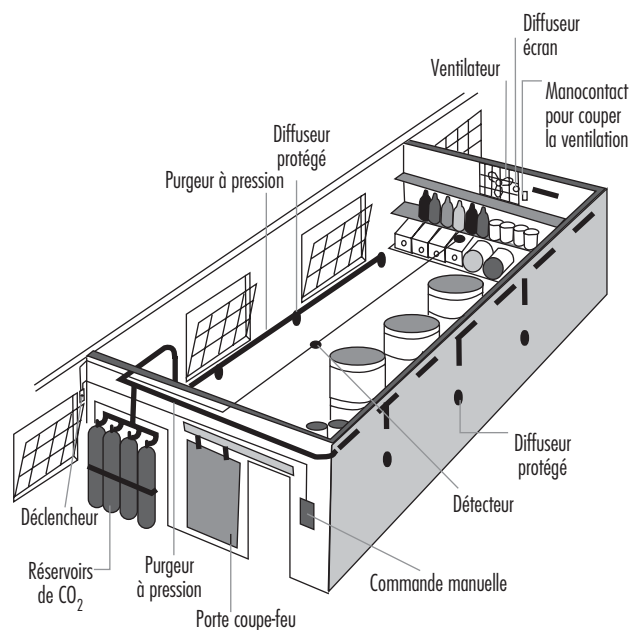
Dans les systèmes à mousse, un émulseur liquide est injecté dans l'alimentation en eau en amont de la vanne de commande. L'émulseur est mélangé à de l'air soit par l'action mécanique de l'éjection, soit par aspiration d'air dans le dispositif d'éjection. L'air entraîné dans l'émulseur crée une mousse moins dense que la plupart des hydrocarbures, qui forme donc une couche isolante au-dessus des liquides inflammables, réduisant la propagation des vapeurs combustibles. L'eau qu'elle contient (teneur pouvant atteindre 97%) refroidit le combustible liquide, ce qui contribue à réduire l'émission de vapeurs combustibles et abaisse la température des objets assez chauds pour réamorcer la combustion.

Les systèmes d'extinction à agent gazeux

Les systèmes à dioxyde de carbone

Les systèmes à dioxyde de carbone consistent en une source de CO_2 , ordinairement constituée par un récipient à pression contenant du gaz carbonique liquéfié (voir figures 41.9 et 41.10). Le dioxyde de carbone est retenu dans le récipient par une vanne automatique qui s'ouvre en cas d'incendie sous l'action d'un système de détection distinct ou par manœuvre manuelle. Une fois libéré, le CO_2 est projeté sur le feu par un tuyau et un diffuseur de décharge. Le CO_2 éteint le feu en l'isolant de l'oxygène qui l'alimente. Les systèmes à dioxyde de carbone peuvent être conçus pour protéger des zones ouvertes comme la salle des presses d'une imprimerie ou, au contraire, des espaces clos comme la salle des machines d'un navire. Aux concentrations nécessaires à l'extinction d'un incendie, le CO_2 est toxique. Il est donc indispensable de prendre des mesures particulières pour assurer l'évacuation de tous les occupants du local protégé avant la libération du gaz. Des signaux d'alarme et d'autres dispositifs de sécurité doivent être prévus au stade initial de conception du système pour assurer la sécurité des personnes travaillant dans le local. On considère le CO_2 comme un agent d'extinction propre qui ne cause pas de dégâts accessoires et ne conduit pas l'électricité.

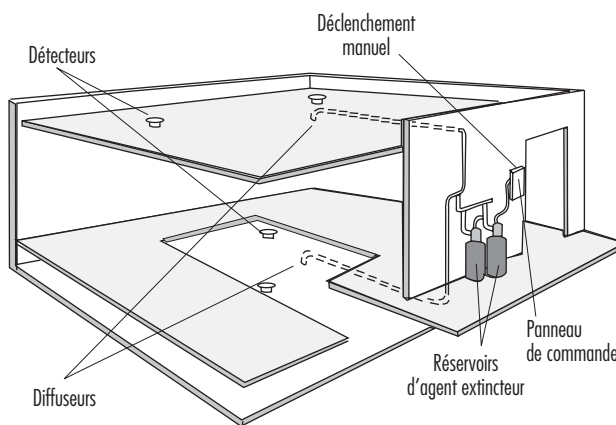
Figure 41.9 • Schéma d'une installation d'extinction par noyage total au dioxyde de carbone sous haute pression



Les systèmes d'extinction par gaz inertes

Les systèmes d'extinction par gaz inertes contiennent en général un mélange d'azote et d'argon auquel on ajoute parfois un faible pourcentage de dioxyde de carbone. Les mélanges de gaz inertes éteignent l'incendie en réduisant la teneur en oxygène de l'espace protégé. On ne peut donc les utiliser que dans des espaces clos. Leur caractéristique très particulière est de réduire suffisamment la concentration en oxygène pour éteindre différents types d'incendies, sans pour autant créer un danger immédiat pour les occupants. Les gaz inertes sont comprimés et conservés dans des récipients à pression. Le système d'extinction fonctionne sur le même principe que les systèmes à dioxyde de carbone, sauf que, pour protéger un local donné, il faut un plus grand nombre de

Figure 41.10 • Système d'extinction par noyage total installé dans un local à plancher surélevé



réceptifs de gaz inertes parce qu'on ne peut pas liquéfier ces gaz par compression.

Les systèmes d'extinction aux halons

Les halons 1301, 1211 et 2402 sont considérés comme des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. On a donc cessé de produire ces agents extincteurs depuis 1994, conformément au Protocole de Montréal, accord international destiné à protéger la couche d'ozone. Le halon 1301 était le plus souvent utilisé dans les installations d'extinction fixes. Il était conservé sous pression à l'état liquide, de façon similaire au CO₂. L'avantage du halon 1301 était que la pression d'entreposage était inférieure et que de très faibles concentrations dans l'air suffisaient pour éteindre un incendie. Les systèmes à halon 1301 ont servi avec succès dans des espaces entièrement clos où il était possible de maintenir une concentration d'extinction pendant une période suffisante pour éteindre un incendie. Pour la plupart des risques, les concentrations d'extinction ne mettaient pas immédiatement en danger les occupants. Des systèmes au halon 1301 ont encore beaucoup d'importantes applications pour lesquelles on n'a pas réussi à trouver d'autres agents efficaces. Il en est ainsi, par exemple, des aéronefs commerciaux et militaires et de certains endroits spéciaux où, pour prévenir des explosions, il faut établir des concentrations d'inertage pour protéger d'éventuels occupants. Le halon des systèmes d'extinction qui ne sont plus utilisés devrait être mis à la disposition des personnes qui doivent s'en servir pour des applications critiques. On contribuerait ainsi à éliminer le besoin de produire ces agents nuisibles à l'environnement et à protéger la couche d'ozone.

Les systèmes aux halocarbures

Les agents halocarbonés ont été mis au point à cause des préoccupations environnementales causées par les halons. Ces agents varient considérablement entre eux par leur toxicité, leur impact environnemental, leur masse et leur volume, leur prix et l'existence d'installations d'extinction agréées pour les utiliser. Ils peuvent tous être conservés dans des récipients à pression sous forme de gaz liquéfiés par compression. Les installations ont une configuration semblable à celle des systèmes à dioxyde de carbone.

La conception, l'installation et l'entretien des systèmes actifs de sécurité incendie

La conception, l'installation et l'entretien de ces systèmes doivent être confiés à des spécialistes. Les responsables de l'achat, de l'installation, de l'inspection, de la mise à l'épreuve, de l'approbation et de l'entretien de ce type d'équipement doivent souvent consulter des experts en sécurité incendie pour bien s'acquitter de leurs fonctions.

Autres renseignements

Cette partie de l'*Encyclopédie* présente un aperçu très bref et limité des choix qui existent en matière de protection active contre l'incendie. Il est conseillé aux lecteurs désireux d'obtenir de plus amples renseignements sur la question de s'adresser à leur association nationale de sécurité incendie, à leur assureur ou au bureau de prévention du service local d'incendie.

L'ORGANISATION DE LA PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

S.K. Dheri

Le service privé d'intervention d'urgence

Le profit étant l'objectif premier de toute entreprise, une gestion efficace et dynamique et la continuité de la production sont à cette fin deux objectifs essentiels. Toute interruption de la production, quelle qu'en soit la raison, ne peut que diminuer les bénéfices. Si elle résulte d'un incendie ou d'une explosion, cette interruption peut être suffisamment longue pour paralyser toute l'entreprise.

On fait très souvent valoir que les biens sont assurés et que les pertes éventuelles dues à l'incendie seront remboursées par la compagnie d'assurances. Il ne faut pas perdre de vue que l'assurance est uniquement un moyen de répartir les effets destructeurs des sinistres sur autant d'assurés que possible. Elle ne peut compenser les pertes subies à l'échelle nationale. De plus, elle ne peut ni garantir la continuité de la production ni éliminer ou minimiser les pertes indirectes.

Il est donc utile que la direction de l'entreprise réunisse une information complète sur les risques d'incendie et d'explosion qui peuvent survenir, qu'elle évalue les pertes potentielles et mette en œuvre des mesures adéquates de protection destinées à prévenir les sinistres. Il est nécessaire à cet effet d'organiser l'intervention d'urgence à l'interne.

La planification de l'urgence

Il convient, autant que faire se peut, de prévoir l'éventualité d'une intervention d'urgence dès le stade de la planification, de la gérer progressivement depuis le choix du site jusqu'au lancement de la production et d'en poursuivre l'organisation par la suite.

Le succès de ces mesures d'urgence dépend beaucoup de la participation de tous les travailleurs et des différents échelons de la direction. C'est un fait à ne pas sous-estimer au moment de la planification.

Nous présentons ci-après les divers aspects de l'élaboration d'un plan d'urgence. Pour de plus amples renseignements, le lecteur est invité à consulter le manuel *Fire Protection Handbook* de l'Association nationale de protection contre l'incendie (National Fire Protection Association (NFPA)) aux États-Unis, ou tout autre ouvrage faisant autorité dans ce domaine (Cote, 1991).

Première étape

Entreprendre la mise au point du plan d'urgence en prenant les mesures suivantes:

1. Déterminer et évaluer les risques d'incendie et d'explosion qu'impliquent le transport, la manutention et l'entreposage de chacune des matières premières, de chaque produit intermédiaire et produit fini et de chaque procédé industriel, puis établir des mesures préventives détaillées de nature à supprimer ou à minimiser les risques ainsi définis.
2. Déterminer les spécifications auxquelles doivent se conformer les installations et les matériels de sécurité incendie, ainsi que les étapes au cours desquelles chaque élément sera mis en place.
3. Rédiger les cahiers des charges auxquels les installations et le matériel de sécurité incendie doivent satisfaire.

Deuxième étape

Évaluer ce qui suit:

1. La disponibilité d'un approvisionnement en eau suffisant pour répondre aux besoins de la sécurité incendie, en plus de

- ceux de la production industrielle et de la consommation domestique.
2. L'exposition du site à des catastrophes naturelles (inondations, séismes, pluies torrentielles, etc.).
 3. L'environnement, c'est-à-dire la nature et les biens environnants, ainsi que les risques qui les menacent en cas d'incendie ou d'explosion.
 4. L'existence de services d'incendie privés et publics, la distance à laquelle ils se trouvent, l'adaptation de leurs systèmes d'extinction aux risques à couvrir et la possibilité d'y recourir en cas d'urgence.
 5. L'aide sur laquelle on pourrait compter de la part des services d'incendie se trouvant à proximité, compte tenu des obstacles existants: passages à niveau, étendues d'eau à traverser, capacité et largeur des ponts à franchir par rapport aux caractéristiques des engins de lutte contre l'incendie, densité de la circulation, etc.
 6. L'environnement sociopolitique, c'est-à-dire le taux de criminalité et les activités politiques qui pourraient troubler l'ordre public.

Troisième étape

Dresser le plan d'ensemble et le plan d'exécution et déterminer les spécifications des matériaux de construction. Exécuter ensuite les tâches suivantes:

1. Circonscrire chaque atelier, lieu de travail, etc., par des murs résistants au feu, des portes coupe-feu, etc.
2. Déterminer les éléments du bâtiment ou de la charpente qui doivent être résistants au feu.
3. Veiller à ce que les colonnes porteuses en acier et les autres éléments de charpente ne soient pas exposés.
4. Assurer une séparation suffisante du bâtiment, des structures et de l'équipement.
5. Prévoir l'installation de prises d'incendie, d'extincteurs automatiques, etc., aux endroits voulus.
6. Ménager un nombre suffisant de trajets d'accès sur le plan d'ensemble pour permettre aux engins de lutte contre l'incendie d'atteindre toutes les zones du bâtiment et toutes les sources d'eau pouvant servir à l'extinction.

Quatrième étape

Au cours de la construction, prendre les mesures suivantes:

1. Informer le chef d'entreprise et son personnel sur les politiques de gestion des risques d'incendie et vérifier qu'ils s'y conforment.
2. Soumettre à des essais complets toutes les installations et le matériel de sécurité incendie avant de les réceptionner.

Cinquième étape

Si la taille de l'établissement, ses risques ou son éloignement imposent la présence sur place d'un service d'incendie à plein temps, engager, équiper et former le personnel permanent nécessaire. Désigner également un officier pompier à temps plein.

Sixième étape

Pour obtenir la pleine collaboration de tous les employés, prendre les mesures suivantes:

1. Former les membres du personnel à observer des précautions dans leur travail quotidien et à réagir d'une façon systématique en cas d'incendie ou d'explosion. Cette formation doit comprendre le maniement du matériel de lutte contre l'incendie.
2. Veiller à l'observation stricte des mesures de sécurité incendie par tous les membres du personnel concernés grâce à des inspections périodiques.

3. Faire inspecter et entretenir régulièrement tous les systèmes et matériels de protection contre l'incendie. Toute panne doit être réparée dans les plus brefs délais.

Gérer l'urgence

Pour éviter la confusion en cas d'urgence véritable, il est essentiel que chacun des membres de l'entreprise comprenne bien son rôle et celui des autres en cas de sinistre. A cet effet, il convient de préparer et de mettre en œuvre un plan d'urgence bien conçu et de veiller à ce que le personnel concerné le connaisse bien. Le plan doit énoncer avec clarté et précision les responsabilités de tous les intéressés et établir la chaîne de commandement. Le plan d'urgence doit comporter au minimum les mentions suivantes:

1. Le nom de l'établissement industriel.
2. L'adresse et le numéro de téléphone de l'établissement et le plan du site.
3. Le but et l'objectif du plan d'urgence et sa date de mise en œuvre.
4. La zone couverte.
5. L'organisme d'intervention d'urgence et la chaîne de commandement, depuis le chef de l'établissement jusqu'aux échelons les plus bas.
6. La liste des systèmes de protection contre l'incendie, appareils mobiles et appareils portatifs, avec les détails appropriés.
7. Des renseignements détaillés sur l'aide à laquelle il peut être fait appel.
8. Les dispositifs d'alarme et de communications en cas d'incendie.
9. Les mesures à mettre en œuvre en cas d'urgence, en précisant à chaque fois et sans ambiguïté les mesures que doivent prendre:
 - la personne qui découvre l'incendie;
 - le service interne de lutte contre l'incendie;
 - le chef du service concerné par l'intervention d'urgence;
 - les chefs des services qui ne sont pas concernés par l'intervention d'urgence;
 - le service de sécurité;
 - l'officier pompier, s'il y en a un;
 - le chef de l'établissement;
 - d'autres personnes.
10. La chaîne de commandement sur les lieux du sinistre. Toutes les situations possibles devront être envisagées et il devra être indiqué clairement qui doit prendre le commandement dans chaque cas, en précisant ceux où il y a lieu de demander l'aide d'un autre organisme.
11. Les mesures à prendre après un incendie, en précisant qui est responsable:
 - de la remise en service ou de la recharge de tous les systèmes de protection contre l'incendie, matériels et alimentations en eau;
 - de l'enquête à mener sur les causes de l'incendie ou de l'explosion;
 - de la rédaction et de la présentation des rapports nécessaires;
 - de la mise en œuvre des mesures correctives destinées à prévenir la répétition d'incidents de même nature.

S'il existe un plan d'assistance mutuelle, des copies du plan d'urgence devront être transmises à tous les organismes participants en échange de leur propre plan d'urgence.

Les plans d'évacuation

Il peut s'avérer nécessaire de mettre en œuvre le plan d'urgence en raison soit d'un incendie, soit d'une explosion.

Une explosion peut ou non être suivie d'un incendie, mais, dans presque tous les cas, elle a un effet destructif qui peut, selon les circonstances, tuer ou blesser les personnes se trouvant à

proximité ou causer des dommages matériels. Elle peut également provoquer un choc et de la confusion, imposant d'interrompre partiellement ou totalement les opérations de fabrication et d'évacuer un grand nombre de personnes. Si la situation n'est pas immédiatement maîtrisée et menée d'une manière ordonnée, elle peut dégénérer en panique et occasionner des pertes de vies et des dégâts matériels supplémentaires.

La fumée produite par l'incendie peut atteindre d'autres zones du bâtiment ou bloquer la sortie d'autres occupants, ce qui nécessitera une vaste opération de sauvetage et d'évacuation. Dans certains cas, une évacuation de ce genre sera à envisager si des personnes risquent d'être prises au piège de l'incendie.

Chaque fois qu'un grand nombre de personnes doivent se déplacer soudainement, des problèmes de circulation se posent, surtout si des routes, des rues ou d'autres lieux publics doivent être empruntés. Si ces problèmes n'ont pas été prévus et si l'on ne sait pas d'avance ce qu'il convient de faire, on risque de voir se développer des embouteillages qui vont entraver les efforts de sauvetage et de lutte contre l'incendie.

L'évacuation d'un grand nombre de personnes, surtout dans des immeubles de grande hauteur, peut aussi poser des problèmes. Pour que l'évacuation se fasse en bon ordre, il faut non seulement avoir prévu des trajets de sortie adéquats, mais également être en mesure d'évacuer les gens assez rapidement. Il importe d'accorder une attention particulière à l'évacuation des personnes handicapées.

Le plan d'urgence doit par conséquent comprendre des procédures détaillées d'évacuation qu'il convient de tester fréquemment dans le cadre d'exercices d'incendie et d'évacuation. Ces exercices sont aussi l'occasion de résoudre les problèmes de circulation. Tous les organismes et services participants et concernés doivent y prendre part, au moins de temps en temps. Après chaque exercice, une réunion doit être organisée pour faire le bilan, signaler et expliquer toutes les erreurs commises. Il faut également prendre des mesures pour prévenir la répétition des mêmes erreurs au cours des exercices suivants et lors d'incidents réels, le cas échéant en éliminant les difficultés et en modifiant le plan d'urgence.

Des dossiers complets sur tous les exercices d'incendie et d'évacuation devront être établis et tenus à jour.

Les services médicaux d'urgence

Les victimes d'un incendie ou d'une explosion doivent immédiatement recevoir les soins nécessaires ou être rapidement transportées à l'hôpital après avoir reçu les premiers soins.

La direction de l'entreprise doit créer un ou plusieurs postes de premiers soins et, le cas échéant, en fonction de la taille de l'établissement considéré et de ses risques particuliers, une ou plusieurs unités paramédicales mobiles. Les postes de premiers soins et les unités paramédicales doivent être dotés en permanence d'un personnel paramédical pleinement compétent.

Selon la taille de l'établissement et le nombre de travailleurs, il y aura également lieu de prévoir sur les lieux une ou plusieurs ambulances, avec le personnel nécessaire pour transporter les victimes éventuelles à l'hôpital. De plus, des dispositions doivent être prises pour pouvoir, au besoin, disposer rapidement d'autres ambulances.

Par ailleurs, si la taille de l'entreprise ou de l'établissement le justifie, un médecin devrait être présent en permanence pour répondre aux situations d'urgence.

Il convient en outre de conclure des arrangements préalables avec un ou plusieurs hôpitaux vers lesquels seront dirigées en priorité les victimes d'un éventuel sinistre. Les noms et numéros de téléphone de ces hôpitaux doivent figurer sur le plan d'urgence, qui doit en outre désigner une personne chargée de les avertir, afin qu'ils soient prêts à accueillir les victimes dès qu'un sinistre se produit.

Le rétablissement des systèmes

Il importe de rétablir tous les systèmes de sécurité incendie et d'urgence pour qu'ils soient toujours prêts à fonctionner, dès la fin de la situation d'urgence. A cet effet, un employé ou un service de l'entreprise doit être spécialement chargé de cette tâche et son nom doit figurer dans le plan d'urgence. Il faut également prévoir des vérifications systématiques permettant de s'assurer que tous les systèmes ont été convenablement rétablis.

Les relations avec le service public d'incendie

On ne peut pas s'attendre à ce que la direction d'une entreprise industrielle prévienne tous les cas d'urgence possibles et se prémunisse contre chacun d'entre eux. De toute façon, les considérations financières l'interdiraient. Même si les méthodes les plus modernes de gestion des risques d'incendie ont été mises en place, il y a toujours des situations dans lesquelles ces installations ne suffisent pas. Pour de tels cas, il est utile de prévoir des mesures d'assistance mutuelle avec le service public d'incendie. Une bonne liaison avec ce service est nécessaire pour que la direction sache sur quelle aide elle peut compter si un sinistre se déclare. De plus, le service public d'incendie doit se familiariser avec les risques particuliers de l'entreprise considérée pour savoir à quoi s'attendre en cas d'urgence. Des échanges fréquents avec ce service public sont utiles à cet effet.

Les produits dangereux

En cas de déversement, les sapeurs-pompiers appelés sur les lieux pourraient ne pas connaître les risques des produits dangereux utilisés dans l'établissement. Un déversement accidentel de ces produits ou des imprudences commises en les manipulant ou en les entreposant pourraient créer des situations dangereuses pour la santé des personnes présentes ou occasionner de graves incendies ou explosions. Comme il est difficile de se souvenir des risques associés à tous les produits, on a donc conçu des moyens faciles d'identification des différents produits au moyen d'étiquettes ou d'inscriptions faciles à reconnaître.

L'identification des produits dangereux

Chaque pays a ses propres règles d'étiquetage des produits dangereux pour fins d'entreposage, de manipulation et de transport, différents services étant en général chargés de l'application de ces règles. Il est bien sûr essentiel de respecter la réglementation locale, mais il est également souhaitable de mettre au point un système reconnu et appliqué à l'échelle internationale pour l'identification des produits dangereux. La NFPA, aux Etats-Unis, a mis au point un système de ce genre qui impose de fixer ou d'apposer bien en vue sur les contenants de produits dangereux des étiquettes distinctives indiquant clairement la nature et l'importance du risque par rapport à la santé, à l'inflammabilité et à la réactivité. Il est également possible de mentionner sur ces étiquettes d'éventuels dangers particuliers auxquels le produit peut exposer les sapeurs-pompiers. La norme 704 de la NFPA, intitulée *Standard System for the Identification of the Fire Hazards of Materials* (NFPA, 1991), explique les différents degrés de risque. Dans le système de la NFPA, les risques sont répartis entre les catégories suivantes: *les risques pour la santé, l'inflammabilité et la réactivité (instabilité)*.

Les risques pour la santé

Les risques pour la santé comprennent toutes les blessures et lésions qu'une substance peut causer par contact ou par absorption dans l'organisme. Ces risques peuvent découler des propriétés inhérentes à la substance ou des produits toxiques qu'engendre sa combustion ou sa décomposition. Le degré de risque est attribué d'après le risque le plus important qui peut résulter d'un incendie ou d'une autre situation d'urgence. Il indique aux sapeurs-pompiers s'ils peuvent faire leur travail dans des vêtements ordinaires

ou s'ils doivent porter une tenue de protection spéciale ou un appareil de protection respiratoire.

Le degré de risque se mesure sur une échelle de 4 à 0, le 4 désignant un risque grave et le 0, peu ou pas de risque.

L'inflammabilité

L'inflammabilité se mesure à la facilité avec laquelle une substance peut prendre feu et brûler. On reconnaît que les produits ont, à cet égard, des propriétés qui varient selon les conditions. Autrement dit, certaines substances peuvent être inflammables dans des conditions données et ne plus l'être dans d'autres. La forme et les propriétés inhérentes au produit influent sur le degré de risque, qui est attribué sur la même base que le risque pour la santé.

La réactivité (instabilité)

Les substances qui peuvent par elles-mêmes libérer de l'énergie (par réaction spontanée ou par polymérisation, par exemple) ou qui réagissent violemment ou explosent au contact de l'eau, d'autres agents extincteurs ou d'autres substances présentent un risque de réactivité.

La violence de la réaction peut augmenter en cas d'élévation de la température ou de la pression ou lorsque la substance entre en contact avec certaines autres substances pour former un mélange combustible-comburant ou encore qu'elle se trouve en présence d'une substance incompatible, d'un contaminant sensibilisateur ou d'un catalyseur.

Le degré de risque associé à la réactivité dépend de la facilité avec laquelle la réaction se déclenche, du taux de production de l'énergie et de la quantité d'énergie libérée. On peut, dans le cadre de cette catégorie de risque, donner des renseignements complémentaires, par exemple au sujet de la radioactivité ou de l'incompatibilité avec l'eau ou d'autres agents extincteurs.

L'étiquette d'avertissement d'un produit dangereux porte un losange dans lequel s'inscrivent quatre losanges plus petits (voir figure 41.11).

Le losange supérieur correspond au risque pour la santé, celui de gauche à l'inflammabilité, celui de droite à la réactivité et celui du bas à d'autres risques particuliers, comme la radioactivité ou une incompatibilité particulière avec l'eau.

A cette disposition peut s'ajouter un code de couleurs. Il peut s'agir de la couleur de fond de chaque losange ou de la couleur du chiffre identifiant chaque catégorie de risque. Le bleu correspond au risque pour la santé, le rouge à l'inflammabilité, le jaune à la réactivité et le blanc aux risques particuliers.

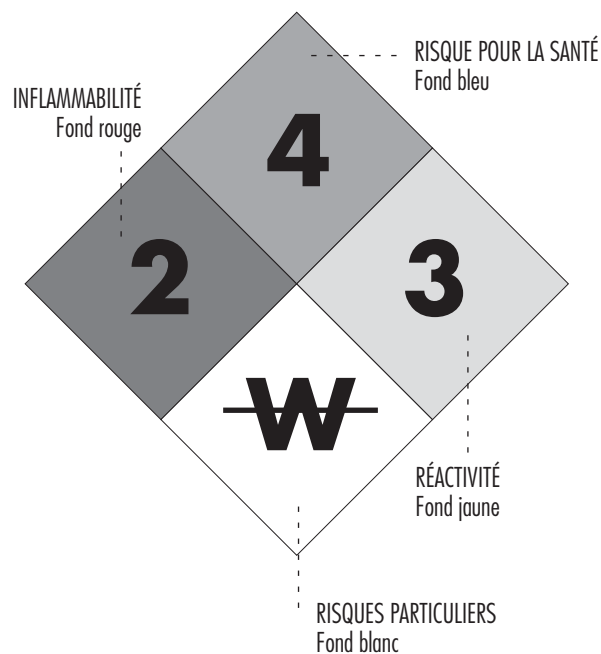
Les précautions contre les risques des produits dangereux

Selon la nature des produits dangereux employés dans l'établissement industriel, il est nécessaire de se procurer l'équipement de protection et les agents extincteurs spéciaux appropriés, y compris l'équipement de protection à utiliser lors de l'application de ces agents extincteurs.

Il faut également former tous les travailleurs à prendre les précautions nécessaires et à suivre les procédures prescrites pour affronter tout incident qui se produirait lors de la manipulation des différents types de produits dangereux utilisés. Les travailleurs doivent en outre connaître le sens des panneaux et étiquettes d'identification.

Les sapeurs-pompiers et les travailleurs doivent par ailleurs avoir reçu la formation voulue pour se servir correctement des vêtements de protection et des appareils de protection respiratoire et appliquer d'éventuelles techniques spéciales de lutte contre l'incendie. Il faut maintenir la vigilance de tout le personnel concerné afin qu'il soit prêt à affronter toute urgence grâce à de fréquents exercices dont le compte rendu devrait être conservé.

Figure 41.11 • Panneau d'avertissement prévu dans la norme NFPA 704



Pour faire face aux urgences graves et à leurs effets sur les sapeurs-pompiers, il devrait être possible de faire appel à un médecin pour prendre immédiatement les mesures nécessaires lorsqu'une personne s'expose à une contamination dangereuse parce qu'elle ne peut pas faire autrement. Toutes les personnes touchées doivent recevoir sur-le-champ les soins nécessaires.

Des dispositions adéquates doivent également être prises pour établir au besoin un centre de décontamination sur les lieux. Il faut alors se conformer aux procédures appropriées de décontamination.

La gestion des déchets

L'industrie produit une grande quantité de déchets dans le cadre de ses opérations courantes ou par suite d'accidents qui surviennent lors de la manipulation, du transport et de l'entreposage de marchandises. Ces déchets peuvent être inflammables, toxiques, corrosifs, pyrophoriques, radioactifs ou susceptibles de donner lieu à des réactions chimiques, selon l'industrie et la nature des marchandises en question. Dans la plupart des cas, si on ne prend pas les mesures nécessaires pour éliminer ces déchets dans des conditions sûres, ils peuvent mettre en danger la vie d'humains et d'animaux, polluer l'environnement ou provoquer des incendies et des explosions entraînant des dégâts matériels. Par conséquent, une connaissance approfondie des propriétés physiques et chimiques des déchets, ainsi que des avantages et inconvénients des différentes méthodes d'élimination est importante du double point de vue de l'économie et de la sécurité.

Nous présentons ci-dessous un bref résumé des caractéristiques des déchets industriels:

1. La plupart des déchets industriels sont dangereux et peuvent avoir des effets inattendus aussi bien pendant qu'après leur élimination. Il faut par conséquent examiner soigneusement leur nature et leurs caractéristiques pour en connaître les incidences à court et à long terme et pour choisir en conséquence la méthode d'élimination.

2. Le fait de mélanger les déchets de deux produits apparemment inoffensifs peut créer des risques imprévus par suite d'interactions chimiques ou physiques.
3. On peut évaluer les risques que posent des liquides inflammables en considérant leur point d'éclair, leur température d'inflammation, leurs limites d'inflammabilité et l'énergie nécessaire pour amorcer leur combustion. Dans le cas des solides, la taille des particules est un autre facteur important à considérer.
4. La plupart des vapeurs inflammables sont plus lourdes que l'air. Ces vapeurs, ainsi que les gaz inflammables plus lourds que l'air qui peuvent être libérés accidentellement durant la collecte et l'élimination ou pendant la manutention et le transport, peuvent franchir des distances considérables sous l'effet du vent ou s'accumuler dans des zones basses sous l'effet de la gravité. Au contact d'une source d'inflammation, les vapeurs et les gaz prennent feu, provoquant un retour de flamme vers la source. Les grands déversements de liquides inflammables, particulièrement dangereux à cet égard, peuvent nécessiter l'évacuation de la population locale.
5. Les substances pyrophoriques, telles que les alkyles d'aluminium, s'enflamment spontanément au contact de l'air. Il est donc nécessaire de prendre des précautions particulières au cours de la manipulation, du transport, de l'entreposage et de l'élimination de telles substances, ces opérations devant de préférence être exécutées dans une atmosphère d'azote.
6. Certaines substances, telles que le potassium, le sodium et les alkyles d'aluminium, réagissent violemment au contact de l'eau ou d'une atmosphère humide et brûlent alors très intensément. La poudre de bronze dégage également une chaleur considérable en présence d'humidité.
7. La présence d'agents oxydants puissants peut provoquer une combustion rapide ou même l'explosion de substances organiques. Des chiffons ou d'autres matières imbibés d'huiles végétales ou de terpènes présentent un risque de combustion spontanée par suite de l'oxydation des huiles et d'une accumulation de chaleur pouvant porter la température au point d'inflammation.
8. Bon nombre de substances sont corrosives et peuvent brûler la peau ou d'autres tissus vivants et endommager des matériaux de construction, surtout les métaux, affaiblissant les charpentes et les bâtiments qu'elles soutiennent.
9. Certaines substances toxiques peuvent empoisonner les humains et les animaux par contact avec la peau, par inhalation ou par contamination des aliments ou de l'eau. La toxicité de ces substances peut être très brève ou durer très longtemps. Enfouies ou brûlées, elles peuvent contaminer des cours d'eau ou affecter des animaux ou des travailleurs.
10. Les substances toxiques déversées en cours de traitement, de transport (y compris lors d'accidents), de manutention ou d'entreposage, ainsi que les gaz toxiques libérés dans l'atmosphère peuvent toucher le personnel d'urgence et d'autres membres du public. Les risques sont encore plus graves si la substance déversée peut se vaporiser à la température ambiante, parce que les vapeurs produites peuvent être emportées à de grandes distances sous l'effet du vent ou de la gravité.
11. Certaines substances peuvent dégager une odeur forte, âcre, piquante ou désagréable soit par elles-mêmes, soit lorsqu'elles brûlent à l'air. Dans les deux cas, ces substances constituent une nuisance, même si elles ne sont pas toxiques. Il faut alors les éliminer par incinération s'il est impossible de les recueillir pour recyclage. Tout comme les substances odorantes ne sont pas nécessairement toxiques, des substances inodores ou à odeur agréable peuvent être nocives.
12. Certaines substances, comme les explosifs, les feux d'artifice, les peroxydes organiques et quelques autres produits chimi-

ques, sont sensibles à la température ou aux chocs et peuvent causer des explosions dévastatrices si elles ne sont pas manipulées avec le soin nécessaire ou si elles sont mélangées à d'autres produits. Ces substances doivent par conséquent être soigneusement tenues à l'écart et détruites dans des conditions contrôlées.

13. Les déchets contaminés par la radioactivité peuvent être aussi dangereux que des produits radioactifs. Leur élimination nécessite des connaissances spécialisées. On peut obtenir des conseils pour l'élimination de tels déchets en s'adressant à l'organisme national responsable de l'énergie nucléaire.

Les méthodes employées pour éliminer les déchets industriels et les déchets découlant de situations d'urgence comprennent la *biodégradation*, l'*enfouissement*, l'*incinération*, la *mise en décharge contrôlée*, la *transformation en paillis*, la *combustion à l'air libre*, la *pyrolyse* et le *recours à un entrepreneur en élimination de déchets industriels*. Nous expliquons brièvement ces méthodes dans les paragraphes qui suivent.

La biodégradation

De nombreux produits chimiques sont complètement détruits en 6 à 24 mois lorsqu'ils sont mélangés à de la terre végétale prise dans les 15 cm de la couche supérieure du sol. Le phénomène de la biodégradation est dû à l'action des bactéries du sol. Ces dernières ne peuvent cependant pas s'attaquer ainsi à toutes les substances.

L'enfouissement

On se débarrasse souvent des déchets, notamment des déchets chimiques, par enfouissement. C'est là une pratique dangereuse lorsqu'il s'agit de produits chimiques actifs parce que, avec le temps, la substance enfouie peut finir par se retrouver à la surface ou par atteindre la nappe phréatique ou des cours d'eau en raison du ruissellement des eaux de pluie. Elle peut alors avoir des effets nocifs si elle contamine de l'eau qui est ensuite consommée par des humains ou des animaux. On a enregistré des cas de contamination 40 ans après l'enfouissement de produits chimiques nocifs.

L'incinération

L'incinération compte parmi les méthodes les plus sûres et les plus efficaces d'élimination des déchets, pourvu qu'elle se fasse dans des conditions contrôlées dans un incinérateur bien conçu. Toutefois, il faut s'assurer que les substances contenues dans les déchets sont propres à l'incinération et qu'elles ne causent aucun problème de fonctionnement ni ne présentent aucun risque particulier. Presque tous les incinérateurs industriels doivent être munis d'un équipement antiémission bien choisi et installé après considération de la composition des effluents de l'incinérateur pendant la combustion des déchets industriels.

Il convient de surveiller attentivement la température de fonctionnement de l'incinérateur, pour éviter les hausses excessives dues à la présence d'importantes quantités d'éléments volatils et à la nature des déchets incinérés. La structure de l'incinérateur risque de souffrir de températures trop élevées et de la corrosion qui finit par se produire avec le temps. Le système d'épuration de l'effluent devra, lui aussi, faire l'objet d'inspections périodiques afin de détecter les signes de corrosion dus au contact avec des acides et d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement.

La mise en décharge contrôlée

On se sert souvent de terres basses et de dépressions pour y accumuler des déchets jusqu'à ce que le site atteigne le niveau du terrain environnant. On nivelle alors l'emplacement, on le couvre de terre et on le tasse fortement. On peut ensuite l'utiliser pour construire des bâtiments ou à d'autres fins.

Pour obtenir des résultats satisfaisants, il faut soigneusement choisir le site en tenant compte de la proximité de pipelines, de tuyaux d'égout, de lignes électriques, de puits de pétrole ou de gaz, de mines et d'autres obstacles. On mélange ensuite les déchets à de la terre et on procède à un épandage régulier dans la dépression ou dans une large tranchée. Chaque couche doit être compactée par des moyens mécaniques avant l'addition d'une nouvelle couche.

D'ordinaire, on recouvre les déchets d'une couche de terre de 50 cm que l'on compacte en laissant suffisamment d'ouvertures pour éviter l'accumulation des gaz produits par l'activité biologique dans les déchets. Il faut également prévoir un drainage adéquat de la décharge.

Selon la composition des déchets, il peut y avoir un risque de combustion spontanée. Dans ce cas, la décharge doit être clôturée et gardée jusqu'à ce que les probabilités d'inflammation deviennent très faibles. On doit également prendre des dispositions pour éteindre tout incendie qui se déclarerait dans les déchets.

La transformation en paillis

On a fait quelques tentatives de recyclage de polymères sous forme de paillis (matières en vrac destinées à protéger les racines des plantes) en déchiquetant les déchets en petits fragments ou en granules. Sous cette forme, les polymères se dégradent très lentement. Leurs effets sur le sol sont donc purement physiques. Cette méthode d'élimination des déchets n'a cependant pas été utilisée sur une grande échelle.

La combustion à l'air libre

Le brûlage des déchets à l'air libre est une source de pollution atmosphérique. Il présente également des risques d'incendie, les flammes pouvant s'étendre à des biens ou à des terrains voisins. Les contenants peuvent également exploser et, si les déchets con-

tiennent des substances radioactives, l'opération peut avoir des effets physiologiques nocifs. C'est la raison pour laquelle cette méthode d'élimination a été interdite dans certains pays. En fait, ses inconvénients en font une méthode à déconseiller.

La pyrolyse

Il est possible de récupérer certains composés par distillation des produits obtenus par pyrolyse (décomposition chimique sous l'action de la chaleur) de polymères et de substances organiques. Toutefois, cette méthode n'est pas encore très répandue.

Le recours à un entrepreneur en élimination de déchets industriels

C'est probablement la méthode la plus commode. Il importe de ne choisir que des entrepreneurs compétents ayant l'expérience de l'élimination des déchets industriels et des produits dangereux. Ces derniers doivent être soigneusement séparés du reste des déchets et être éliminés par des moyens distincts.

Les catégories particulières de substances

Voici quelques exemples des produits dangereux que l'on retrouve souvent aujourd'hui dans l'industrie: 1) métaux combustibles et réactifs (magnésium, potassium, lithium, sodium, titane et zirconium); 2) déchets combustibles; 3) huiles siccatives; 4) liquides inflammables et solvants dérivés de déchets; 5) comburants (liquides et solides); 6) matières radioactives. Ces produits nécessitent une manutention et des précautions spéciales devant faire l'objet d'un examen soigneux. Pour de plus amples renseignements sur l'identification des produits dangereux et les risques de différentes substances utilisées dans l'industrie, les lecteurs intéressés peuvent consulter les ouvrages suivants: *Fire Protection Handbook* (Cote, 1991) et *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials* (Lewis, 1992).

Références bibliographiques

- American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 1993: *Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety* (New York, Center for Chemical Process Safety).
- American Welding Society (AWS), 1988: *Recommended Safe Practices for the Preparation for Welding and Cutting of Containers that have held Hazardous Substances* (Miami).
- Babrauskas, V. et Grayson, S.J., 1992: *Heat Release in Fires* (Barking, Elsevier Science).
- Blye, P. et Bacon, P., 1991: «Fire prevention practices in commerce and industry», chap. 2, sect. 2, dans Cote A.E. (directeur de publication): *Fire Protection Handbook*, 17^e édition (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- Bowes, P.C., 1984: *Self-Heating: Evaluating and Controlling the Hazards* (Londres, HMSO).
- Bradford, W.J., 1991: «Chemical processing equipment», chap.15, sect. 2, dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- British Standards Institute (BSI), 1992: *The Protection of Structures against Lightning, British Standard Code of Practice, BS 6651* (Londres).
- Bugbee, P., 1978: *Principles of Fire Protection* (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- Cote, A.E. (directeur de publication), 1991: *Fire Protection Handbook*, 17^e édition (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- Davis, N.H., 1991: «Lightning protection systems», chap. 32, sect. 2, dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- DiNunno, P.J., 1988: *Handbook of Fire Protection Engineering* (Boston, Society of Fire Protection Engineers (SFPE)).
- Drysdale, D.D., 1985: *Introduction to Fire Dynamics* (Chichester, Wiley).
- Drysdale, D.D. et Thomson, H.E., 1994: *Fourth International Symposium on Fire Safety Science* (Ottawa, International Association for Fire Safety Science (IAFSS)).
- European Commission Directive (ECD), 1992: *The Management of Health and Safety at Work Regulations* (Luxembourg).
- Factory Mutual Engineering Corporation (FMEC), 1977: «Cutting and welding», *Loss Prevention Data Sheets 10-15*, juin.
- . 1984: «Lightning and surge protection for electrical systems», *Loss Prevention Data Sheets 5-11/14-19*, août.
- Gratton, J., 1991: «Firesafety education», chap. 2, sect. 1, dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Higgins, J.T., 1991: «Housekeeping practices», chap. 34, sect. 2, dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Hrbacek, E.M., 1984: «Clay products plants», dans J. Linville (directeur de publication): *Industrial Fire Hazards Handbook* (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- Hunter, K., 1991: «Technology distinguishes Japan's fire services», *National Fire Prevention Agency Journal*, sept.-oct.
- Jernberg, L.E., 1993: «Improving risks in Sweden», *Fire Prevention*, vol. 257, mars.
- Keith, R., 1994: *FREM-Fire Risk Evaluation Method* (Melbourne, R. Keith and Associates).
- Koffel, W.E., 1993: «Establishing industrial fire safety programs», *National Fire Prevention Agency Journal*, mars-avril.
- Lataille, J.J., 1990: «Lumber kilns and agricultural dehydrators and dryers», dans *Industrial Fire Hazards Handbook*, op. cit.
- Lees, F.P., 1980: *Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 1 et 2 (Londres, Butterworths).
- Lewis, R.J., 1992: *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*, 8^e édition (New York, Van Nostrand Reinhold).
- Linville, J. (directeur de publication), 1990: *Industrial Fire Hazards Handbook* (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- Loss Prevention Council, 1992: *Fire Prevention on Construction Sites* (Londres).
- Manz, A., 1991: «Welding and cutting», chap. 14, sect. 2, dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- National Fire Protection Association (NFPA), 1983: *Firesafety Educator's Handbook: A Comprehensive Guide to Planning, Designing, and Implementing Firesafety Programs, FSO-61* (Quincy, Massachusetts).
- . 1991: *Standard System for the Identification of the Fire Hazards of Materials*, NFPA n° 704 (Quincy, Massachusetts).
- . 1992: *Fire Prevention Code*, NFPA, n° 1 (Quincy, Massachusetts).
- . 1995a: *Guide to the Fire Safety Concepts Tree*, NFPA n° 550 (Quincy, Massachusetts).
- . 1995b: *Standard for the Installation of Lighting Protection Systems*, NFPA n° 780 (Quincy, Massachusetts).
- Osterhous, C., 1990: *Public Fire Education, IFSTA n° 606*. (Stillwater, Oklahoma, International Fire Services Training Association).
- Ostrowski, R., 1991: «Oil quenching», dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Palmer, K.N., 1973: *Dust Explosion and Fires* (Londres, Chapman and Hall).
- Sax, N.I., 1979: *Dangerous Properties of Industrial Materials*, 5^e édition (New York, Van Nostrand Reinhold).

- Simmons, J.M., 1990: «Heat processing equipment», dans *Industrial Fire Hazards Handbook*, op. cit.
- Watts, K.I., 1990: «Oil quenching», dans *Industrial Fire Hazards Handbook*, op. cit.
- Welch, J., 1993: «The changing face of FPA training: Fire prevention», *Fire Prevention*, juillet-août, p. 261.
- Welty, J.R., Wilson, R.E. et Wicks, C.E., 1976: *Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer* (New York, John Wiley and Sons).
- Références complémentaires**
- Barry, T.J. et Newman, B., 1976: «Some problems of synthetic polymers at elevated temperatures», *Fire Technology*, vol. 12, n° 3, pp. 186-192.
- Berta, I. et Fodor, I., 1990: «Electrostatic ignition sources», dans T. Kompolthy (directeur de publication): *Fire and Explosion Safety* (Budapest, Műszaki Könyvkiadó).
- Boddington, T., Griffiths, J.F. et Hasegawa, K., 1984: «Induction times to thermal ignition in systems with distributed temperatures: An experimental test of theoretical interpretations», *Combustion and Flame*, vol. 55, n° 3, p. 297.
- Boyle, A.R. et Llewellyn, F.J., 1950: «The electrostatic ignitability of dust clouds and powders», *Journal of Applied Chemistry*, vol. 69, pp. 173-181.
- Bryan, J.L., 1991a: «Concept of egress design», dans A.E. Cote (directeur de publication): *Fire Protection Handbook* (Quincy, Massachusetts, NFPA).
- , 1991b: «Human behaviour and fire», dans *Fire Protection Handbook*, *ibid.*
- , 1991c: «Traffic and exit drill», dans *Fire Protection Handbook*, *ibid.*
- Canter, D., 1985: *Studies of Human Behaviour in Fire: Empirical Results and Their Implications for Education and Design* (Herts, Department of Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station).
- Centre national de prévention et de protection (CNPP), 1997: *Traité pratique de sécurité incendie*, 6^e édition (Paris).
- Chamberlain, D.L., 1983: *Heat Release Rate Properties of Wood-Based Materials*, NBSIR 82-2597 (Washington, DC, National Bureau of Standards).
- Coffe, R.D., 1971: «Evaluation of chemical stability», *Fire Technology*, vol. 7, n° 1, pp. 37-45.
- Comité européen de normalisation (CEN), 1995: *Eurocode 1: Basis of Design and Actions on Structures. Part 2.2: Actions on Structures Exposed to Fire*, CEN, ENV 1991-2-2 (Bruxelles).
- Dean, J.A., 1984: *Lange's Handbook of Chemistry* (Sandusky, Ohio, Handbook Publishers).
- DeHaan, N., 1991: «Interior finish», dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Donoghue, E.A., 1991: «Building transportation system», dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Eggleston, L.A. et Pryor, A.J., 1967: «The limits of dust explosibility», *Fire Technology*, vol. 3, n° 2, pp. 77-89.
- Goodall, D.G. et Ingle, R., 1967: «The ignition of flammable liquids by hot surfaces», *Fire Technology*, vol. 3, n° 2, pp. 115-128.
- Gordon, B.F., 1981: «Flame retardants and textile material», *Fire Safety Journal*, vol. 4, pp. 109-123.
- Griffith, J.F. et Mullins, J.R., 1984: «Ignition, self-heating, and the effects of added gases during the thermal decomposition of di-t-butyl peroxide», *Combustion and Flame*, vol. 56, n° 2, p. 135.
- Hanson, R.J. et Thomas, A., 1984: «Flame development in swirling flows in closed vessels», *ibid.*, vol. 55, n° 3, p. 255.
- Harley, C.S., 1991: «Building and site planning for firesafety», dans *Fire Protection Handbook*, op. cit.
- Hilado, C.J., 1982: *Flammability Handbook for Plastics* (Lancaster, Pennsylvania, Technomic Publishing).
- Hilado, C.J. et Cumming, H.J., 1977: «The HC value: A method of estimating the flammability of mixtures of combustible gases», *Fire Technology*, vol. 13, n° 3, p. 195.
- Hirschler, M.M., 1992: «Smoke and heat release and ignitability as measures of fire hazard from burning of carpet tiles», *Fire Safety Journal*, vol. 18, n° 4, p. 305.
- Hommel, G., 1987: *Handbuch der Gefährlichen Güter* (Berlin, Springer Verlag).
- Ihrig, A.M. et Smith, S.L., 1994: «The role of alkali and alkaline earth metal ions in cellulosic smoldering», *Journal of Fire Sciences*, vol. 12, n° 4, p. 357.
- Janssens, M., 1991: «Piloted ignition of wood: A review», *Fire and Materials*, vol. 15, n° 4, p. 151.
- Karter, M.J.J., 1991: «Fire loss in the United States during 1990», *NFPA Journal*, sept.oct., p. 36.
- Klote, J.H., 1992: *Design of Smoke Management Systems* (Atlanta, American Society of Heating).
- Martin, J.T. et Miller, B., 1978: «The thermal and flammability behaviour of polyester-wool blends», *Textile Research Journal*, vol. 48, pp. 97-103.
- Mizuno, T. et Kawagoe, K., 1986: «Burning behaviour of upholstered chairs: Part 3, Flame and plume characteristics in fire test», *Fire Science and Technology*, vol. 6, n° 12, p. 29.
- Nagy, J., Dorset, H.G. et Jacobson, M., 1964: *Preventing Ignition of Dust Dispersions by Inerting*, RI 6543 (Pittsburgh, Pennsylvania, USDI, Bureau of Mines).
- Nishimoto, T., Morita, M. et Yajima, H., 1986: «Spontaneous combustion of coal (III) (Isothermal Method)», *Fire Science and Technology*, vol. 6, n° 1-2, p. 1.
- Ohlemiller, T.J. et Rogers, F.E., 1978: «A survey of several factors influencing smolder combustion in flexible and rigid polymer foams», *Journal of Fire and Flammability*, vol. 9, pp. 489-509.
- Ohtani, H., 1990: «Theoretical consideration on the ignition of hot iron in high pressure oxygen», *Fire Science and Technology*, vol. 10, n° 1-2, p. 1.
- Pál, K. et Macskásy, H., 1980: *Plastics and their Combustibility* (Budapest, Műszaki Könyvkiadó).
- Perry, J.H. et Chilton, C.H., 1974: *Chemical Engineers' Handbook* (New York, McGraw-Hill).
- Purser, D.A. et Woolley, W.D., 1983: «Biological studies of combustion atmospheres», *Journal of Fire Sciences*, vol. 1, n° 2, p. 118.
- Rasbash, D.J., 1980: «Review of explosion and fire hazard of liquified petroleum gas», *Fire Safety Journal*, vol. 2, n° 4, pp. 223-236.
- Sharma, T.P. et Kumar, S., 1992: «Products of combustion of the metal powders», *Fire Science and Technology*, vol. 12, n° 2, p. 29.
- Society of Fire Protection Engineers (SFPE) et National Fire Protection Association (NFPA), 1988: *The SFPA Handbook of Fire Protection Engineering* (Quincy, Massachusetts, SFPE).
- Sugawa, O. et Yamamoto, H., 1989: «Reduction of smoke particles from fire retarded woods», *Fire Science and Technology*, vol. 9, n° 1, p. 1.
- Tewarson, A., 1975: *Flammability of Polymers and Organic Liquids. Part I. Burning Intensity* (Norwood, Massachusetts, Factory Mutual Research Corporation).
- , 1994: «Flammability parameters of materials: Ignition, combustion, and fire propagation», *Fire Safety Journal*, vol. 12, n° 4, p. 329.
- Tewarson, A. et Macaion, D.P., 1993: «Polymers and composites — An examination of fire spread and generation of heat and fire products», *Journal of Fire Sciences*, vol. 11, n° 5, p. 421.
- Thorne, P.F., 1976: «Flashpoints of mixtures of flammable and non-flammable liquids», *Fire and Materials*, vol. 1, pp. 134-140.
- White, R.H. et Nordheim, E.V., 1992: «Charring rate of wood for ASTM E 119 exposure», *Fire Technology*, vol. 28, n° 1, p. 5.