

Fire Risk Assessment Method for Engineering

Résumé Manuel pour
FRAME 2.0 pour Windows

© Erik De Smet
D/1996/ De Smet Erik, éditeur

Deuxième édition 1999

RESUME : METHODE F.R.A.M.E. POUR L'EVALUATION DU RISQUE D'INCENDIE

.A Introduction

Pour la gestion des risques, il est important de pouvoir évaluer les probabilités et les conséquences des risques. Pour le risque d'incendie, on ne peut se contenter de constatations gratuites comme "ça ne brûle pas" ou "c'est très dangereux, car il faut évaluer un phénomène complexe. Hélas, on ne considère souvent qu'une partie des facteurs qui influencent l'incendie.

Une méthode de travail basée sur des calculs, est une aide considérable pour toutes les personnes qui doivent apprécier le risque d'incendie. C'est le grand mérite de M. GRETENER (ancien directeur du SPI suisse) d'avoir développé une méthode qui utilise un grand nombre de paramètres pour calculer des valeurs représentatives pour le risque d'incendie et pour la protection.

La méthode GRETENER a été publiée vers 1970 et elle a suscité beaucoup d'intérêt car elle permettait une approche systématique du risque d'incendie. Elle présentait plusieurs avantages ,mais elle avait aussi quelques inconvénients. Le plus grand mérite de la méthode est que les valeurs utilisées sont bien équilibrées, c.-à.-d. que le poids de chaque élément des formules correspond bien à son importance dans la pratique courante. Les deux grands désavantages étaient que les tableaux établis pour l'emploi de la méthode utilisent des graduations trop grossières, et que la méthode ne s'appliquait que pour le risque pour les biens.

Partant des caractéristiques du bâtiment et de son contenu, la méthode GRETENER définit le danger potentiel P comme un produit de six facteurs. Ensuite on compare ce danger potentiel P avec deux autres valeurs, le danger admissible B et les mesures de protection M.

Toutes les valeurs des facteurs utilisées dans la méthode sont reprises dans des tableaux, établis par GRETENER. La valeur de départ est le facteur q, représentatif pour la charge calorifique, et calculé sur une échelle logarithmique. La plupart des valeurs dans les tableaux varient de l'ordre de 10 à 20 %, ce qui est beaucoup pour une correction d'une valeur logarithmique. Il était donc nécessaire de pouvoir interpoler, d'où la possibilité d'améliorer la méthode par l'emploi de formules.

En France, MM. SARAT et CLUZEL de la Direction de la Recherche de l'U.T.I. (Union Technique Interprofessionnelle) ont développé, en 1978, la méthode E.R.I.C. pour les besoins de la Sécurité Civile. Elle ne vise pas la protection des biens, mais la protection des personnes. Le but de la méthode E.R.I.C. est de pouvoir comparer différents plans d'amélioration quant à leur effet sur la protection des biens et des personnes.

En 1980, une nouvelle version de la méthode GRETENER a été éditée en Suisse. Elle introduit aussi les deux notions de risque: pour les biens et pour les personnes. Il y a quelques modifications pour les facteurs de protection, notamment pour la ventilation des fumées et pour la résistance au feu des éléments de la construction. Malheureusement, la nouvelle édition a renforcé le mal principal des tableaux en introduisant de nouveaux facteurs avec des échelles de valeurs assez grossières.

Depuis 1975, j'ai essayé d'adapter les différentes variantes de la méthode GRETENER aux besoins de l'ingénierie, afin de trouver un moyen technique valable permettant de définir la protection incendie d'un bâtiment, même dans les premiers stades de l'étude, bien avant que les autorités et les assurances ne soient impliquées.

Depuis 1981, j'ai pu présenter dans les cours supérieurs de sécurité incendie de l'A.N.P.I. Belge cette approche du risque d'incendie. Travaillant dans l'industrie de l'assurance depuis 1983, j'ai été confronté à un troisième aspect du risque d'incendie, la perte d'exploitation. Il n'y a pas seulement risque pour les biens et les personnes, mais aussi pour les activités qui se passent dans le bâtiment concerné. Il était possible de développer un troisième volet, structuré de la même façon que le deux premiers, pour évaluer le risque pour les activités. Ceci a mené à la version 1985 de la méthode F.R.A.M.E. : Fire Risk Assessment Method for Engineering.

Le résultat de ce travail est la méthode F.R.A.M.E., décrite ci-après. La méthode paraît peut-être fastidieuse, mais avec l'aide du programme de calcul, il faut actuellement moins de temps pour le calcul que pour la recherche des données. Un logiciel en BASIC, utilisable sur PC compatible, était disponible début 1989, suivi de la version pour WINDOWS en 1999.

La méthode permet de juger d'une façon uniforme les différents cas. Elle constitue un guide pour l'examen des risques et des protections, mais elle ne saurait pas remplacer le raisonnement et le jugement de celui qui doit définir les mesures de protection.

Bien que cette méthode soit empirique, l'application qui en est faite à des cas réels a permis de vérifier qu'elle est un guide valable. Cette vérification a été faite dans les deux sens ci-après :

- a) pour une série de bâtiments qui sont considérés par des experts comme bien protégés, on obtient une valeur calculée qui confirme ce jugement,
- b) pour une série de bâtiments détruits par l'incendie, on obtient une valeur calculée qui confirme les points faibles.

Actuellement, des centaines de calculs pratiques sont disponibles pour démontrer le bien fondé de la méthode F.R.A.M.E.

Après plus de quinze ans d'application de la méthode, seulement un petit nombre de changements étaient nécessaires pour adapter F.R.A.M.E. aux développements dans le domaine de la sécurité d'incendie: il apparaît que la méthode est facilement applicable comme outil de vérification pour des concepts alternatifs de protection incendie. En effet, comme l'équilibre entre les facteurs d'influence reflète fidèlement l'expérience générale et la finalité de la plupart des exigences des Lois et Règlements des différents pays, la méthode F.R.A.M.E. permet de vérifier le bilan de sécurité d'une solution raisonnée (engineered) par rapport aux impositions légales parfois difficilement praticables.

L'écart le plus grand entre les imposition réglementaires et l'approche de la méthode résidait dans l'évaluation du temps d'évacuation. Dans ce domaine, la formule utilisée en 1985 ne comptait qu'indirectement avec la partie verticale du chemin d'évacuation, ne considère pas des exigences pour des sorties multiples et ne reflétait que mal le phénomène de ralentissement dans une foule.

Depuis quelques années, il y a eu une évolution dans les règlements et normes, qui tentent actuellement de limiter le temps pour évacuer un compartiment à 300 secondes après la découverte au hasard d'un incendie. En plus, on se réalise maintenant qu'une évacuation peut être tardive et même inefficace quand les personnes menacées sont inconscientes du risque, comme c'est les cas avec des enfants, malades ou clients d'hôtel dormants.

Une nouvelle formule pour le facteur t est introduite dans FRAME 2000 pour tenir compte de ces remarques. Dans le domaine de protection des activités, une simplification du facteur de sauvetage au niveau des centres de production multiples et une actualisation aux valeurs monétaires actuelles ont été appliquées.

.BDescription de la méthode F.R.A.M.E.

Principes de base

La méthode part de l'idée que dans un bâtiment bien protégé il y a équilibre entre le danger et la protection. Exprimé en chiffres on peut écrire que le quotient danger : protection = risque est inférieur à 1, et que par conséquence une valeur plus grande de ce quotient reflète une situation plus mauvaise du bâtiment.

$$\frac{\text{DANGER}}{\text{PROTECTION}} = \text{RISQUE}$$

La deuxième idée de base est qu'on peut calculer le danger par deux séries de facteurs. La première série définit le cas le plus défavorable à considérer, la deuxième série définit l'étendue possible des conséquences. Le danger est donc défini par deux valeurs: "le risque potentiel P" et "le risque acceptable A"

La troisième idée de base est qu'on peut calculer la protection partant de valeurs spécifiques pour les techniques de protection. Les valeurs à utiliser représentent les différents moyens de protection:

- a) le moyen d'extinction le plus courant: l'eau
- b) les mesures constructives pour l'évacuation
- c) la résistance au feu de la construction
- d) les moyens manuels d'intervention
- e) les moyens automatiques d'intervention
- f) l'aide publique
- g) la séparation physique des risques

A partir de ces principes, il faut faire trois calculs: un premier calcul pour le bâtiment et son contenu, un deuxième pour les personnes qui l'occupent, et un troisième calcul pour l'activité (économique) qui se passe dans le bâtiment. Les facteurs d'influence ne jouent pas de la même façon pour le risque "biens" que pour le risque "personnes" ou pour le risque "activités". En effet, le risque potentiel et le risque acceptable ne sont pas les mêmes, et les moyens de protection donnent des résultats différents pour chaque aspect du risque.

Dans la mesure du possible, les facteurs d'influence seront calculés à partir de données mesurables et vérifiables. Dans les cas où certaines valeurs ne sont que des estimations, il faut utiliser des bases suffisamment étroites pour éviter que les conclusions finales ne soient erronées ou différentes suivant les personnes qui font les calculs.

L'unité de calcul est un compartiment à un niveau. S'il y a plusieurs compartiments, ou plusieurs niveaux, il y a lieu de faire une série de calculs pour chaque compartiment et pour chaque niveau, ou au moins pour les compartiments les plus représentatifs ou dangereux.

Définitions

Calculs pour les biens :

Le risque pour les biens R est par définition :

$$R = \frac{P}{A \cdot D}$$

P = Risque Potentiel
 A = Risque Acceptable
 D = Degré de Protection

Le Risque Potentiel P est par définition :

$$P = q . i . g . e . v . z$$

où :

q est le facteur de charge calorifique

i est le facteur de propagation

g est le facteur de géométrie horizontale

e est le facteur des étages

v est le facteur de ventilation

z est le facteur d'accessibilité

Le Risque Acceptable est par définition :

$$A = 1.6 - a - t - c$$

où :

1.6 est la valeur maximale de A

a est le facteur d'activation

t est le facteur d'évacuation

c est le facteur de contenu

Le degré de protection D est par définition :

$$D = W . N . S . F$$

où :

W est le facteur des sources d'eau

N est le facteur de protection normale

S est le facteur de protection spéciale

F est le facteur de résistance au feu.

Calculs pour les occupants :

Le risque pour les occupants R_1 est par définition :

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 . D_1}$$

P_1 = Risque Potentiel

A_1 = Risque Acceptable

D_1 = Degré de Protection

Le Risque Potentiel P_1 est par définition :

$$P_1 = q . i . e . v . z$$

où :

q est le facteur de charge calorifique

i est le facteur de propagation

e est le facteur des étages

v est le facteur de ventilation

z est le facteur d'accessibilité

Le Risque Acceptable A_1 est par définition:

$$A1 = 1.6 - a - t - r$$

où :

1.6 est la valeur maximale de A

a est le facteur d'activation

t est le facteur d'évacuation

r est le facteur d'environnement

Le degré de protection D_1 est par définition:

$$D1 = N . U$$

où :

N est le facteur de protection normale

U est le facteur de fuite.

Calculs pour les activités :

Le risque pour les activités R_2 est par définition :

$$R2 = \frac{P2}{A2 . D2}$$

P_2 = Risque Potentiel

A_2 = Risque Acceptable

D_2 = Degré de Protection

Le Risque Potentiel P_2 est par définition :

$$P2 = g . i . e . v . z$$

où :

g est le facteur de géométrie horizontale

i est le facteur de propagation

e est le facteur des étages

v est le facteur de ventilation

z est le facteur d'accessibilité

Le Risque Acceptable A_2 est par définition:

$$A2 = 1.6 - a - c - d$$

où :

1.6 est la valeur maximale de A

a est le facteur d'activation

c est le facteur de contenu

d est le facteur de dépendance

Le degré de protection D_2 est par définition :

$$D2 = W . N . S . Y$$

où :

W est le facteur des ressources en eau

N est le facteur de protection normale

S est le facteur de protection spéciale

Y est le facteur de sauvegarde

.C Signification et contenu des facteurs

le facteur de charge calorifique q

est calculé en fonction de la charge calorifique, ce qui est la quantité de chaleur dégagée par unité de surface, par la combustion complète de toutes les matières combustibles se trouvant dans le local considéré. Elle se compose de la charge calorifique "mobilier" Q_i pour le contenu et la charge calorifique "immobilière" Q_m pour le bâtiment.

le facteur de propagation i

indique la possibilité de propagation du feu. Il est calculé en fonction de T, l'augmentation de température nécessaire pour enflammer ou endommager les biens; de m, la dimension moyenne (en mètres) du contenu; et de M, la classe de réaction au feu des surfaces.

le facteur de géométrie g

définit l'influence de la géométrie horizontale. Il est calculé en fonction de l, la longueur théorique du compartiment et de b, la largeur équivalente.

le facteur d'étage e

définit l'influence de la géométrie verticale. Il est calculé en fonction de E, la numérotation des étages.

le facteur de ventilation v

définit l'influence des fumées. Il est calculé en fonction de h, la hauteur du plafond du compartiment; du rapport entre la surface totale et la surface de ventilation, exprimé par le coefficient de ventilation, k; et de Q_m , la charge calorifique "mobilier".

le facteur d'accessibilité z

définit l'influence des possibilités d'accès. Il est calculé en fonction de b, la largeur du compartiment; de H, la différence de hauteur entre le compartiment et le niveau du sol; et de Z, les directions d'accès.

la valeur 1.6

définit le risque acceptable compte tenu de la présence de sources d'incendie extérieures et occasionnelles.

le facteur d'activation a

définit la présence de sources d'incendie dans le bâtiment. Celles-ci sont principalement les activités humaines, principales et secondaires; le mode de chauffage; les installations électriques; l'emploi de produits inflammables; les opérations dangereuses.

le facteur temps d'évacuation t

définit le temps d'évacuation. Il est calculé en fonction du nombre et de la mobilité des personnes, des dimensions du compartiment, et des chemins d'évacuation.

le facteur de contenu c

définit la valeur du contenu. Il est calculé en fonction de la valeur absolue des biens et des possibilités de remplacement.

le facteur d'environnement r

définit dans quelle mesure l'environnement est hostile à l'évacuation. Il est calculé en fonction de la charge calorifique "immobilière" Q_i ; et de M, la combustibilité des surfaces.

le facteur de dépendance d

définit la dépendance de l'activité économique. C'est le rapport entre la valeur ajoutée et le chiffre d'affaires.

le facteur W, ressources en eau

définit la qualité des ressources en eau. On tient compte de la quantité d'eau disponible, de la pression du réseau, du système de distribution et du nombre de points de raccordement.

le facteur N, protection normale

définit la qualité des moyens normaux de protection. On juge la qualité de la chaîne alerte- première

intervention- secours.

le facteur S, protection spéciale

définit dans quelle mesure la protection a été renforcée par des moyens automatiques, par l'abondance des moyens, par l'augmentation de la fiabilité.

le facteur de résistance au feu F

définit la valeur de la résistance au feu des éléments constructifs, corrigée pour la valeur de la protection spéciale.

le facteur de fuite U

définit dans quelle mesure les possibilités d'évacuation ont été améliorées, protégées et multipliées.

le facteur de sauvegarde Y

définit la protection des points névralgiques, des données de base, et des chaînes de production.

.D Calcul pratique

Après avoir récolté les informations nécessaires, on peut procéder au calcul pratique. Le calcul se fait de la façon suivante :

a) on calcule d'abord les facteurs composants les Risques Potentiels P, P₁, P₂.

b) ensuite on calcule les Risques Acceptables A, A₁, A₂. Ceci nous permet de voir où on peut s'attendre aux exigences les plus sévères, soit pour les biens, soit pour les personnes, soit pour les activités.

c) En pratique, il est le plus facile de fixer d'abord les moyens de protection pour les biens. Pour faciliter le choix, on peut calculer une valeur d'orientation, R₀, le Risque Initial. Pour cela il faut connaître la valeur de F₀, la résistance au feu structurelle.

$$R_0 = P : (A \cdot F_0)$$

On dispose d'une échelle d'orientation, ce qui permet d'orienter le choix vers la protection plus efficace pour le bâtiment.

d) ensuite on calcule les valeurs de W, N, S, F pour la protection choisie, et on vérifie la valeur de R, le risque pour les biens. Parfois, il y a lieu de refaire le calcul pour un autre choix de la protection.

e) Quand le calcul de la protection des biens est terminé, il faut vérifier si le système de protection disponible est suffisant pour les personnes. Pour cela il faut calculer les valeurs de U et de R₁. Il faudra éventuellement prévoir une protection supplémentaire, ce qui peut influencer aussi bien le calcul du risque pour les biens que celui pour les personnes.

f) Une fois arrivée à une solution pour les biens et les personnes, on peut terminer le calcul pour les activités. Pour cela il faut encore déterminer les valeurs de Y et de R₂. Les mesures complémentaires prises pour améliorer la protection des activités n'influencent presque pas la protection des biens et des personnes.

RAPPEL : Les calculs se font pour un étage d'un compartiment.

.ECalcul des Risques Potentiels

Calcul de q, facteur de charge calorifique

Formule :

$$q = 2/3 \cdot \log (Q_i + Q_m) - 0.55$$

Dans cette formule il faut introduire les valeurs Q_i et Q_m . En principe, on devra faire l'inventaire de toutes les matières combustibles avec leur chaleur spécifique de combustion et répartir cette charge uniformément sur la surface totale du compartiment. Les tableaux dans le programme permettent d'estimer les valeurs de Q et Q_m (en MJ/m²) sans faire le calcul précis.

Calcul de i, facteur de propagation

Formule :

$$i = 1 - \frac{T}{1000} - 0.1 \cdot \log m + \frac{M}{10}$$

Dans cette formule, il faut introduire les valeurs de T, m, M.

T : Augmentation de température nécessaire pour endommager les biens, entre 0 et 500 °C

m : dimension moyenne du contenu. Prenez n dimensions caractéristiques du contenu et calculez la n-ième racine du produit. La dimension moyenne se situe sur l'échelle de 2m à 0.001 m. Des valeurs typiques sont: 1 m, 0.5 m, 0.2 m, 0.1 m, 0.05 m, 0.02 m, 0.01 m, 0.005 m, 0.001 m.

M : la classe de réaction au feu des surfaces. Les matériaux sont classés suivant des essais (p.e. français) suivant leur degré de réaction au feu.

Calcul de g, facteur de géométrie horizontale

Formule :

$$g = \frac{b + 5 \cdot \sqrt[3]{l \cdot b^2}}{200}$$

Dans cette formule, il faut introduire les valeurs de l et de b.

l est la distance la plus longue entre les centres des parois du compartiment. b est le résultat du quotient de la valeur de la superficie (en m²) par la valeur de l (en m).

Calcul de e, facteur des étages

Formule :

$$e = \frac{(|E| + 3)^{0.7} \cdot |E|}{(|E| + 2)}$$

Dans cette formule, il faut introduire la valeur de E. On numérote les niveaux de la façon suivante. E = 0 pour le niveau d'accès principal. Les étages supérieurs sont E = 1, E = 2, E = 3, etc.

Les sous-sols sont E = -1, E = -2, E = -3, etc.

Dans cette formule, |E| signifie la valeur absolue de E.

Calcul de v, facteur de ventilation

Formule:

$$v = 0.84 + 0.1 * \log Q_m - \sqrt{k * \sqrt{h}}$$

Dans cette formule, il faut introduire les valeurs de Q_m , k et h .

Le coefficient de ventilation k donne le rapport entre la surface disponible pour l'évacuation des fumées et la surface totale du compartiment. En pratique, k est calculé comme suit :

- On considère tous les fenêtres, vitrages et translucides plastiques dans le toit et le tiers supérieur des murs, et on suppose que 30 % de cette surface serait détruit par le feu, donc disponible pour l'évacuation des fumées.
- On ajoute la surface aérodynamique du système d'aération statique, s'il y en a un.
- On ajoute 1 m² par 10.000 m³/h de ventilation mécanique.
- Cette somme est divisée par la surface totale pour obtenir k .

La valeur de k se situe entre 0 et 0.1.

La hauteur du plafond h est facile à trouver. Dans le cas d'un toit incliné, on prend la hauteur moyenne.

Calcul de z , facteur d'accessibilité

Formule:

$$z = 1 + 0.05 * \text{INT} \left(\frac{b}{20 * Z} + \frac{H^+}{25} \setminus \frac{H^-}{3} \right)$$

Dans cette formule, il faut introduire les valeurs de b , Z et H .

Pour définir Z , les directions, il faut placer le nord devant l'accès principal, et voir si le compartiment est accessible pour les pompiers par l'est, le sud, l'ouest; $Z = 4$, si tous les côtés sont accessibles, ou = 3, 2, 1, si une ou plusieurs des directions principales sont inaccessibles. Dans le cas où le bâtiment est divisé par des murs coupe-feu, le côté "mur coupe-feu" du compartiment doit être pris comme inaccessible.

Pour définir la valeur de H , il faut mesurer la différence de hauteur entre le niveau d'accès du bâtiment et le plancher du compartiment. Comme la lutte contre l'incendie est beaucoup plus difficile pour les sous-sols, la formule fait une distinction entre les valeurs positives (H^+), pour les étages, et les valeurs négatives (H^-), pour les sous-sols.

Calcul de P , P_1 , P_2

Formules :

$$\begin{aligned} P &= q . i . g . e . v . z \\ P_1 &= q . i . e . v . z \\ P_2 &= g . i . e . v . z \end{aligned}$$

Toutes les valeurs nécessaires pour le calcul des Risques Potentiels sont calculées, on n'a que faire les produits. On peut déjà voir quels sont les éléments aggravants et éventuellement prévoir des mesures de protection constructives, comme le compartimentage, la ventilation de fumées, l'amélioration des chemins d'accès.

.F Calcul des Risques Acceptables

Calcul de a, facteur d'activation

Formule:

$$a = \sum a_i$$

Comme il y a plusieurs sources de feu, il utiliser un tableau avec les différentes possibilités

Activités Principales	
A1. Activités non-industrielles (résidences, bureaux,etc.)	0
A2. Industries de produits incombustibles	0
B. La plupart des industries	0.2
C. Industries de produits combustibles comme le papier, le bois,la pétrochimie, les métaux légers.	0.4
D. Stockages et dépôts	0
Modes de chauffage (espace et/ou procédé)	
E1. Sans chauffage	0
E2. Transmission de chaleur par solides ou par eau	0
E3. Transmission de chaleur par air pulsé ou par huile	0.05
F1. Générateur de chaleur séparé	0
F2. Générateur de chaleur dans le compartiment	0.1
G1. Source d'énergie :électricité,charbon,mazout	0
G2. Source d'énergie :gaz	0.1
G3. Source d'énergie: déchets	0.15
Installations Électriques	
I1. Conformes et régulièrement contrôlées	0
I2. Conformes sans contrôle	0.1
I3. Non conformes	0.2
Zones Dangereuses	
J0. Risque d'explosion permanent (zone 0)	0.3
J1. Risque d'explosion en opération normale (zone 1)	0.2
J2. Risque d'explosion occasionnel (zone 2)	0.1
K1. Risque d'explosion de poussières	0.2
K2. Production de poussières combustibles sans aspiration	0.1
Activités secondaires	
L. Travaux accessoires de soudure	0.1
M. Travail mécanique du bois ou de plastiques	0.1
N. Traitement des surfaces avec produits inflammables	
N1. Dans un endroit séparé et ventilé	0.05
N2. Dans un endroit séparé	0.12
N3. Sans séparation	0.2
O. Risques particuliers (p. ex. fumeurs incontrôlables)	0.1

Calcul de t, facteur de temps d'évacuation

Formule :

$$t = \frac{p \cdot x \cdot [(b+l) + (X/x) + 1.25 \cdot H^+ + 2 \cdot H^-] \cdot (b+l)}{800 \cdot K \cdot [1.4 \cdot x \cdot (b+l) - 0.44 \cdot X]}$$

Dans cette formule, il faut introduire les valeurs de p,X,x,b,l H+, H- et K
Les valeurs de b, l, H+ ou H- sont déjà connues. La somme (b + l) est la longueur maximale du chemin d'évacuation dans le compartiment. La valeur H+ ou H- représente la partie verticale du chemin d'évacuation.

X est le nombre total de personnes à évacuer du compartiment. Quand on ne connaît pas le nombre exact, on peut faire une estimation avec le tableau ci-dessous, basé sur NFPA 101, Life Safety Code.

DENSITE D'OCCUPATION PAR TYPE DE BATIMENT La valeur indiquée est le nombre de personnes par m ² .	m ²	sq.ft
1. Salles d'attente, quais de gares	3	0.3
2. Lieux de rencontre à forte concentration (halls, églises, dancings)	1.5	0.1
3. Lieux de rencontre à moins forte concentration (salles de conférence, restaurants, cafés)	0.6	0.05
4. Classes dans les écoles	0.5	0.04
5. Jardins d'enfants	0.3	0.03
6. Laboratoires, ateliers dans les écoles	0.2	0.02
7. Institutions médicales	0.1	0.01
8. Prisons	0.1	0.01
9. Bâtiments résidentiels (maisons, hôtels, pensions)	0.05	0.005
10. Commerces : rez et sous-sols	0.4	0.04
11. Commerces: étages	0.2	0.02
12. Bureaux	0.1	0.01
13. Usines	0.03	0.003
14. Dépôts	0.003	0.0003

x est le nombre d'unités de passage. La largeur minimale pour une sortie est 60 cm, (sauf imposition légale contraire) mais on doit tenir compte des circonstances locales; p.e. dans un hôpital, la largeur de la sortie doit être supérieure à la largeur des lits utilisés. Il faut déduire 20 cm de largeur perdue pour chaque passage. On compte pour x toutes les sorties permettant de quitter le compartiment.

p est le coefficient qui corrige le temps d'évacuation en fonction du comportement des occupants. On définit la valeur de p comme suit:

Facteur de mobilité pour	p
A. Personnes indépendantes et mobiles (ouvriers)	1
B. Personnes mobiles mais dépendantes (élèves)	2
C. Personnes immobilisées (malades)	8
D. Il n'y a pas de plan d'évacuation	+2
E. Il y a risque de panique	+2
F. Personnes à perception limitée du risque et de la signalisation : comme des patients, personnes âgées ou handicapées, clients dormants d'hôtels, etc.	+2

Les valeurs D,E,F s'appliquent le cas échéant.

Calcul de c, facteur de contenu

Formules :

$c = c_1 + c_2$ et $c_2 = \frac{1}{4} \log V_r$, si la valeur totale des biens est > 7 Million \$ ou € (2000)

La valeur de c_1 est choisie en fonction de la possibilité de remplacer le contenu.

c_1 = 0 pour un contenu remplaçable.
 = 0.1 pour un contenu difficilement remplaçable (p.e. grosses machines)
 = 0.2 pour un contenu irremplaçable (p.e. musées)

V_r est le rapport entre la valeur réelle et 7 million \$ ou €

Calcul de r, facteur d'environnement

Formule: $r = 0.1 \log (Q_i + 1) + M/10$

Tous les éléments de cette formule sont déjà connus. On tient compte de deux éléments : la combustibilité du bâtiment, (Q_i) et la possibilité de propagation du feu par les surfaces (M).

Calcul de d, facteur de dépendance

La valeur utilisée pour d est le rapport entre la valeur ajoutée et le chiffre d'affaires (ou revenus annuels). Ce chiffre est disponible dans les bilans des entreprises.

Quelques valeurs indicatives pour d:

Industrie à haute technicité (p.e. aéronautique)	0.7 à 0.9
Industrie de produits fins (électronique)	0.45 à 0.7
Industrie manufacturière	0.25 à 0.45
Commerce, dépôts	0.05 à 0.15
Administrations	0.8

Calcul des Risques Acceptables

Formules :

$$A = 1.6 - a - t - c$$

$$A_1 = 1.6 - a - t - r$$

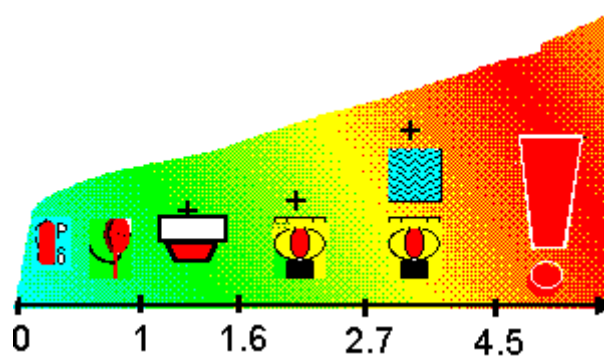
$$A_2 = 1.6 - a - c - d$$

.G Valeur d'orientation R_o

Pour choisir la protection la plus adaptée, on peut calculer une valeur d'orientation, le Risque Initial R_o : $R_o = P : (A \cdot F_o)$. Dans cette formule, F_o est calculé comme suit:

$$F_o = 1 + \frac{f_s}{100} + \frac{f_s^{2.5}}{10^6}$$

Il faut introduire la valeur f_s , qui est la résistance au feu de la structure, exprimée en Rf-minutes. La valeur obtenue pour R_o permet de s'orienter pour la protection incendie sur l'échelle suivante:



La valeur de R_o est inférieur à 1.0:

Un système de protection incendie basé sur la présence de moyens manuels de lutte, comme des extincteurs et dévidoirs ou robinets d'incendie, appuyé par une intervention rapide des pompiers publics et une ressource en eau adéquate. Parfois il faut prévoir des mesures supplémentaires pour protéger les personnes ou les activités.

La valeur de R_o se situe entre 1.0 et 1.6 :

La base du système de protection incendie sera une détection automatique généralisée afin d'obtenir un avertissement précoce et une intervention rapide des pompiers. Des ressources en eau adéquates sont nécessaires et une protection supplémentaire pour les personnes et les activités peut être requise.

La valeur de R_o se situe entre 1.6 et 4.5 :

Une protection par sprinklers sera nécessaire. Si la valeur de R_o est en plus supérieur à 2.7, il faudra en plus améliorer la fiabilité des ressources en eau. Dans la plupart des cas, il ne faudra pas de mesure supplémentaires pour les personnes, mais bien pour les activités.

La valeur de R_o est supérieure à 4.5: réduisez le risque par des mesures préventives.

La compartimentation est une des mesures de réduction de risque des plus économiques, son influence est calculée par une réduction du facteur de géométrie g . D'autres mesures de réduction qui influenceront le Risque Potentiel sont la ventilation de fumées et l'amélioration des accès.

Le Risque Acceptable sera rectifié par la séparation des sources d'ignition et par des meilleurs moyens d'évacuation. La compartimentation raccourcit les chemins d'évacuation, mais il est aussi possible d'ajouter des sorties, ou d'installer une meilleure signalisation.

.H Calcul des degrés de protection

Calcul de W, facteur des ressources en eau

Formule :

$$W = 0.95^w \text{ et } w = \sum w_i$$

QUALITE DES RESSOURCES EN EAU.	
Type de réserve d'eau	W ₁
A. Réserve d'eau à usage mixte,remplissage automatique	0
B. Réserve d'eau à usage mixte,remplissage manuel	4
C. Pas de réserve d'eau	10
Capacité de la réserve d'eau	W ₂
D. Volume d'eau en m ³ = ¼ de (Q _i + Q _m)	0
E. jusque 10% manquants	1
F. jusque 20% manquants	2
G. jusque 30% manquants	3
H. Plus de 30 % manquants	4
Réseau	W ₃
I. Réseau de distribution adéquat	0
J. Diamètre trop petit	2
K. Pas de réseau de distribution	6
Hydrants	W ₄
L. Un raccord pompier par 50 m de périmètre	0
M. Un raccord par 50 à 100 m	1
N. Moins d'un raccord par 100 m de périmètre	3
Pression du réseau	W ₅
P. Pression statique = H + 35 m	0
Q. Pression moindre	3

Notes

Le diamètre du réseau est adéquat quand il est :

80 mm pour 70 m³, 100 mm pour 70 à 125 m³, 150 mm pour 125 à 250 m³, 200 mm pour 250 à 450 m³, 300 mm pour plus de 450 m³; Les réseaux maillés comptent pour le double.

Un raccord 65 par 50 m est nécessaire. Un raccord 80 en vaut 2 de 65 et un raccord 100 en vaut 3 raccords de 65.

Calcul de N, facteur de protection normale

Formule :

$$N = 0.95^n \text{ et } n = \sum n_i$$

MESURES DE PROTECTION NORMALES	
Service de garde	n ₁
A. Service de garde,réseau manuel d'alerte,permanence ou appel automatique, alerte interne	0
B. Sans service de garde	2
C. Sans réseau d'alerte	2
D. Sans permanence ou appel automatique	2
E. Sans alerte interne	2
Moyens de lutte manuels	n ₂
F. Extincteurs en nombre suffisant	0
G. En nombre insuffisant ou inadaptés	2
H. Dévidoirs ou hydrants intérieurs en nombre suffisant	0
I. En nombre insuffisant	2
K. Pas de dévidoirs ni hydrants intérieurs	4
Intervention des pompiers	n ₃
M. L'intervention des pompiers en moins de 10 min.	0
N. Entre 10 et 15 minutes	2
O. Entre 15 et 30 minutes	5
P. Plus de 30 minutes	10
Éducation	n ₄
Q. Tous les occupants savent utiliser les 1ers moyens	0
R. Seulement une équipe d'intervention	2
S. Pas de formation	4

Calcul de S, facteur de la protection spéciale

Formule :

$$S = 1.05^s \text{ et } s = \sum s_i$$

MESURES DE PROTECTION SPECIALES	
Détection automatique:	S ₁
A. Par sprinklers	4
B. Par détecteurs thermiques	5
C. Par détecteurs de fumées ou de flammes	8
D. Avec surveillance des circuits électroniques	2
E. Avec identification du détecteur	2
Ressources en eau	S ₂
F. Réserve d'eau inépuisable (rivière,lac)	3
H. Réserve d'eau uniquement pour la lutte contre l'incendie	2
I. Une source d'eau indépendante	2
J. Une source d'eau "haute fiabilité"	5
K. Deux sources d'eau de haute fiabilité	12
Protections automatiques	S ₃
L. Sprinklers sans source d'eau indépendante	11
M. Sprinklers avec source d'eau indépendante	14
N. Sprinklers avec deux sources d'eau indépendantes	20
O. Autre système d'extinction automatique	11
Corps d'intervention	S ₄
P. Corps d'entreprise temporaire	6
Q. Corps d'entreprise en permanence	14
X. Corps public professionnel	8
Y. Corps public mixte (volontaires et professionnels)	6
Z. Corps volontaire avec permanence	5
W. Corps public:volontaires avec piquet	2

Note : La détection automatique est seulement valable s'il y a transmission de la détection vers les pompiers.

Calcul de F, facteur de résistance au feu

Formules :

$$f = 1/2 f_s + 1/4 f_f + 1/8 f_d + 1/8 f_w$$

$$F = [1 + (f/100) - (f^{2.5} / 10^6)] * [1- 0.025 (S-1)]$$

Il faut d'abord calculer la résistance au feu moyenne f, en minutes, en partant de

f_s , la résistance au feu de la structure

f_f , la résistance au feu des murs extérieurs

f_d , la résistance au feu du plafond ou du toit

f_w , la résistance au feu des parois intérieures

La valeur de F contient une correction pour la valeur de S, car pour un bâtiment très bien protégé, il est peu probable que la résistance au feu joue un rôle prépondérant dans la protection.

Calcul de U, le facteur de fuite

Formule :

$$U = 1.05^u \text{ et } u = S \text{ ui}$$

PROTECTION DE L'EVACUATION.	
Détection automatique	U ₁
A. Par sprinklers	4
B. Par détecteurs thermiques	5
C. Par détecteurs de fumées ou de flammes	8
D. Avec surveillance des circuits électroniques	2
E. Avec identification du détecteur	2
F. Détection partielle en zone de haut risque	2
G. Signalisation pour max. 300 personnes	2
Moyens d'évacuation	U ₂
H. Escaliers intérieurs séparés	2
I. Escaliers intérieurs protégés	4
J. Escaliers d'évacuation extérieurs	8
K. Toboggan pour 1er et 2me étage	2
L. Sorties horizontales pour 50%	2
M. Sorties horizontales pour 100%	8
N. Signalisation complète des chemins d'évacuation	4
Compartimentage	U ₃
O. Compartimentage Rf30 pour max.1000 m ²	2
P. Compartimentage Rf60 pour max.1000 m ²	4
Protections	U ₄
Q. Évacuation de fumées actionnée par la détection	3
R. Sprinklers dans zone de haut risque	5
S. Sprinklers dans tout le bâtiment	10
T. Autre système d'extinction automatique	4
Corps de pompiers	U ₅
U. Corps d'entreprise	5
X. Corps public professionnel	2
Y. Corps public mixte (volontaires et professionnels)	8
Z. Corps public (volontaires avec permanence)	6
W. Corps public (volontaires avec piquet)	4

Calcul de Y, le facteur de sauvegarde

Formule :

$$Y = 1.05^y \text{ et } y = \sum y_i$$

PROTECTION DES ACTIVITES	y_i
Protection physique	
A. Compartimentage Rf30 pour max.1000 m ²	2
B. Compartimentage Rf60 pour max.1000 m ²	4
C. Détection partielle en zone critique	3
D. Sprinklers dans zone critiques	5
E. Autre protection automatique en zone critique	4
Organisation	
F. Données financières protégées	2
G. Pièces de rechange protégées	4
H. Réparations possibles par moyens propres	2
I. Accords de coopération	3
J. Centres de production multiples	3

1 Calcul des risques

Les valeurs de R, R₁, R₂ peuvent maintenant être calculées.

Les formules sont:

$$R = \frac{P}{A \cdot W \cdot N \cdot S \cdot F}$$

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 \cdot N \cdot U}$$

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 \cdot W \cdot N \cdot S \cdot Y}$$

Pour un risque bien protégé, les trois valeurs sont inférieures à 1.