

## **Recommandation ECA-Vaud**

# Application des méthodes d'ingénierie du désenfumage

---

R01 – v01 – juin 2017

## Table des matières

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
1.1. Prescriptions de protection incendie AEAI	4
1.2. Recommandation ECA d'application des méthodes d'ingénierie du désenfumage	4
1.3. Limitations	5
<b>2. Champ d'application selon l'AEAI</b>	<b>5</b>
2.1. Généralités	5
2.2. Domaine d'utilisation	5
<b>3. Preuve de performance du désenfumage</b>	<b>6</b>
3.1. Concept de protection incendie	6
<b>4. Méthodes de calcul</b>	<b>7</b>
4.1. Choix de la méthode	7
4.1.1. Méthode de calcul par simulation	8
4.1.2. Autres méthodes reconnues	8
4.1.3. Conditions impératives pour les preuves	8
<b>5. Objectifs de protection</b>	<b>9</b>
5.1. Objectifs de protection généraux	9
5.2. Objectifs de protection spécifiques	9
5.3. Critères d'évaluation des objectifs de protection	9
5.3.1. Liste des critères	9
5.3.2. Seuils-limites	11
5.3.3. Hauteur libre de fumée	11
5.3.4. Durée de référence	12
<b>6. Scénarios de feu</b>	<b>12</b>
6.1. Contenu d'un scénario	12
6.1.1. Géométrie et caractéristiques du compartiment	13
6.1.2. Lieu d'incendie	13
6.1.3. Paramétrisation du feu	13
6.1.3.1. <i>Courbe de puissance</i>	14
6.1.3.2. <i>Combustible</i>	15
6.1.4. Influence des installations techniques	16
6.1.5. Conditions environnementales	18

6.2.	Rôle de l'ingénieur et exigences de l'autorité	19
6.3.	Autres hypothèses de calcul	19
<b>7.</b>	<b>Documents à fournir</b>	<b>19</b>
7.1.	Données de base	19
7.2.	Objectifs de protection	20
7.3.	Scénarios de feu	20
7.3.1.	<i>Géométrie et caractéristiques du compartiment</i>	20
7.3.2.	<i>Lieu d'incendie</i>	20
7.3.3.	<i>Paramétrisation</i>	20
7.3.4.	<i>Influence des installations techniques</i>	20
7.3.5.	<i>Conditions environnementales</i>	21
7.4.	Autres hypothèses de calcul	21
7.5.	Résultats	21
7.5.1.	Modèles de zones	21
7.5.2.	<i>Modèles de champs</i>	22
7.6.	Installation d'extraction de fumée et de chaleur	22
7.7.	Conclusions et rapport final	22
<b>8.</b>	<b>Contrôles et exploitation des locaux</b>	<b>23</b>
8.1.	Mise en œuvre du concept	24
8.2.	Appel d'offre, réalisation et contrôle de réception	24
8.3.	Contrôle relatif aux installations techniques – Test Intégral	25
8.4.	Exploitation du bâtiment	25
8.4.1.	<i>Fonctionnement de l'installation de désenfumage</i>	25
8.4.2.	<i>Contrôles périodiques</i>	26
8.4.3.	<i>Modifications de l'exploitation</i>	26
<a href="#">Annexe A :</a>	<a href="#">Bibliographie</a>	<a href="#">27</a>
<a href="#">Annexe B :</a>	<a href="#">Check-liste de contrôle</a>	<a href="#">28</a>

## 1. Introduction

### 1.1. Prescriptions de protection incendie AEAI

L'édition 2015 des Prescriptions de protection incendie AEAI précise les exigences relatives à l'extraction de fumée et de chaleur. Un chapitre spécifique a été rédigé à cet effet, soit la directive AEAI 21-15 « Installations d'extraction de fumée et de chaleur ». Cette directive distingue deux types d'installation, les installations sans preuve de performance et celles avec preuve de performance. Ce sont ces dernières installations en particulier qui sont concernées par cette recommandation. En effet, il n'est pas précisé dans cette directive comment il faut justifier de la performance de telles installations. La directive 27-15 « Méthode de preuves en protection incendie » définit le processus et le rôle des différents intervenants, mais n'entre pas dans le détail du contenu de cette preuve.

### 1.2. Recommandation ECA d'application des méthodes d'ingénierie du désenfumage

En complément des prescriptions et directives mentionnées (AEAI), la présente recommandation règle de manière détaillée la collaboration entre l'auteur de la preuve du désenfumage et l'autorité. Elle décrit en outre les éléments exigibles dans les différentes phases.

Elle donne un aperçu des objectifs de protection, des scénarios feus et des méthodes d'ingénierie. Elle montre le déroulement général nécessaire d'une étude ainsi que les éléments de documentation d'une preuve de performance.

Elle donne à l'autorité de protection incendie les moyens d'apprécier et approuver les valeurs concrètes qui lui sont proposées avant le début de la justification. Ces valeurs sont définies de manière spécifique au projet. L'autorité de protection incendie apprécie notamment la preuve proposée par l'ingénieur pour le désenfumage.

Elle contrôle que celle-ci soit complète, compréhensible et plausible vis-à-vis des exigences des prescriptions de protection incendie de l'AEAI et du présent document.

La recommandation règle notamment :

- Les cas où une **justification par le calcul** peut être apportée ou est requise (chapitre 2) ;
- Comment celle-ci est intégrée dans le **concept de protection incendie** (chapitre 3) ;
- Certaines indications concernant le **choix de la méthode de calcul** (chapitre 4) ;
- Les critères d'évaluation des **objectifs de protection** et l'appréciation des résultats du point de vue de l'autorité compétente (chapitre 5) ;
- Les éléments des **scénarios feu** à vérifier avec l'autorité compétente (chapitre 6) ;
- La **documentation** à fournir pour la preuve, respectivement l'ensemble des éléments indispensables pour l'appréciation par l'autorité compétente (chapitre 7) ;
- Les exigences relatives à **l'appel d'offre, la réalisation et au contrôle de réception** d'une installation d'extraction de fumée et de chaleur (chapitre 8).

### **1.3. Limitations**

L'utilisation des méthodes de calcul pour le dimensionnement d'installations de désenfumage, requiert un niveau de connaissances élevé dans différents domaines spécialisés (p. ex. thermodynamique, dynamique des fluides, processus de combustion, ...). L'application de la Recommandation ECA relative à l'ingénierie du désenfumage ne dispense pas d'une formation suffisante relative aux domaines spécialisés concernés.

The Society of Fire Protection Engineers (SFPE)<sup>TM</sup>, principale référence mondiale en matière d'ingénierie incendie, mentionne les compétences suivantes pour les personnes en charge de ce type d'étude :

- Être compétent dans l'application des principes scientifiques et d'ingénierie pour évaluer les conséquences du feu sur la sécurité des personnes, des bâtiments et des biens.
- Avoir les connaissances pratiques de la nature et des caractéristiques du feu ainsi que des dangers associés, incluant l'ignition, le développement et la propagation du feu.
- Comprendre l'impact d'un incendie et de ses effluents sur les bâtiments, les processus, les installations et les personnes.
- Posséder des compétences sur le comportement des occupants et des intervenants en situation d'urgence.
- Pratiquer l'ingénierie de manière éthique.

## **2. Champ d'application selon l'AEAI**

### **2.1. Généralités**

La présente recommandation précise les modalités d'application des méthodes de preuve en protection incendie dans le cadre du désenfumage.

On entend par méthode de preuve, l'utilisation d'outils de calcul permettant de définir les exigences optimales, de prouver un niveau d'exigence requis, ou encore d'apprécier la sécurité incendie.

Les différents types de modèle de calcul, leur fonctionnement ainsi que leurs limites d'utilisation ne font pas l'objet de la présente recommandation.

### **2.2. Domaine d'utilisation**

Les méthodes de calcul peuvent être utilisées dans le cadre des prescriptions de protection incendie et en particulier selon l'article 12 de la norme de protection incendie AEA1 2015 :

- En protection incendie, il est admis de recourir aux méthodes de preuves en vue d'évaluer le danger et le risque d'incendie, ou les conceptions sur lesquelles repose la sécurité incendie dans un cas particulier, pourvu que les objectifs définis dans la norme de protection incendie soient atteints et que le problème soit considéré dans son ensemble.
- L'autorité de protection incendie examine les concepts et preuves de protection incendie pour vérifier qu'ils soient complets, compréhensibles et plausibles.

Des preuves de désenfumage doivent être présentées à l'autorité pour validation pour les locaux suivants en fonction de leur affectation (Directive AEAI 21-15, chap. 3.4)

Affectation	Situation / capacité d'occupation	Surface du compartiment coupe-feu ou personnes	
		Sans installation d'extinction	Avec installation d'extinction
<b>Bureaux</b>	Compartiment coupe-feu sur trois étages ou plus en liaison ouverte	>3'600 m <sup>2</sup>	>3'600 m <sup>2</sup>
<b>Locaux recevant un grand nombre de personnes</b>	Situation non déterminante	>2'000 personnes	>2'000 personnes
<b>Grands magasins et surfaces de vente</b>	Un étage	Non requis	>7'200 m <sup>2</sup>
	Plusieurs étages en liaison ouverte	Non requis	>3'600 m <sup>2</sup>
<b>Bâtiments avec cours intérieures couvertes</b>	Non déterminante	Si les voies d'évacuation passent à travers la cour intérieure couverte ou si la superficie de la cour intérieure couverte dépasse 2'400 m <sup>2</sup>	

Des preuves volontaires peuvent être présentées par le bureau technique pour optimiser le désenfumage dans certaines situations (locaux de grande hauteur, de grand volume).

La directive AEAI 27-15 « Méthodes de preuves en protection incendie » précise au sujet des preuves de désenfumage les points suivants :

- S'il est impossible de déterminer avec assez de précision les matériaux pouvant alimenter le feu, il faudra supposer pour la preuve de désenfumage qu'il s'agit de matériaux dégagant beaucoup de fumée.
- L'autorité de protection incendie peut exiger que des essais de fumée chaude aient lieu après la construction afin de vérifier la validité de la preuve.

L'utilisation d'une méthode de preuve doit servir à prouver que les critères fixés à l'avance lors de l'étude du projet sont respectés pendant la durée prévue.

### **3. Preuve de performance du désenfumage**

#### **3.1. Concept de protection incendie**

Une preuve de performance du désenfumage fait partie d'un concept de protection incendie. Pour pouvoir élaborer cette preuve, il faut donc disposer au préalable d'un concept de protection incendie, lequel permet par une appréhension globale du risque, la mise en place de mesures constructives, techniques et organisationnelles propres à assurer le niveau de sécurité défini. Il s'agit notamment

d'apprécier de manière globale la construction de compartiments coupe-feu, l'état des voies d'évacuation, les caractéristiques des matériaux, les mesures techniques (y compris le désenfumage) et organisationnelles, et de les harmoniser.

Une preuve de performance du désenfumage permet de justifier l'efficacité d'une installation de désenfumage, sur la base d'objectifs de protection spécifiques ainsi que des différents scénarios de feu probables.

Une preuve de performance du désenfumage comprend :

La **stratégie** du désenfumage

- référence au concept de protection incendie (extraits éventuels)
- affectation et dangers d'incendie associés
- principes généraux retenus pour le désenfumage (naturel/mécanique, lien avec les installations techniques, mise en fonction, ...)
- représentation schématique du compartiment à désenfumer et éventuelle subdivision en cantonnements de fumée.

La **preuve** du désenfumage

- objectifs de protection quantitatifs
- conditions aux limites, hypothèses et seuils-limites
- scénarios feu (nombre, position, puissance, développement du feu)
- résultats des calculs, preuve de la satisfaction aux objectifs de protection.

La **mise en œuvre** du désenfumage

- description des conditions de ventilation (arrivée d'air frais et désenfumage, naturel ou mécanique, position, taille et puissance)
- mode d'exécution (caractéristiques des matériaux, résistance aux températures élevées, alimentation électrique de secours, ...)
- mode de mise en service (détection incendie ou sprinkler, zonage, temps de déclenchement, ...)
- asservissements incendie (alarme, commandes). Le fonctionnement des installations peut être complexe et demander l'établissement d'une matrice pour mettre en évidence les asservissements nécessaires.

## **4. Méthodes de calcul**

### **4.1. Choix de la méthode**

La preuve doit impérativement être apportée avec une méthode appropriée. La méthode n'est appropriée que si elle permet de fournir les éléments nécessaires pour l'appréciation des objectifs de protection à partir des scénarios feu.

Il existe différents types de méthodes de calcul pour l'évaluation des incendies et de la propagation de la fumée, dont notamment :

- formules analytiques
- valeurs tabellisées (p.ex. DIN 18232)
- modèles de zones
- modèles de champs (modèles CFD)

Lorsque la preuve est apportée à l'aide de modèles de zones ou de modèles de champs, la terminologie « preuve par simulation feu » ou « preuve par simulation d'incendie » est fréquemment utilisée.

Le choix de la méthode de calcul est de la responsabilité du bureau spécialisé, qui doit proposer à l'autorité de protection incendie, pour approbation, une méthode adaptée à l'objet étudié.

Quelle que soit la méthode utilisée, les limites d'application de la méthode doivent impérativement être respectées. Par exemple, pour certaines conditions d'écoulement (forts courants transversaux, amenées d'air en partie haute, ...), l'utilisation de modèles de zones n'est pas adaptée.

#### **4.1.1. Méthode de calcul par simulation**

Dans cette méthode de calcul, les résultats des simulations de feu sont comparés avec les objectifs de protection définis. Dans ce cas, il est possible de représenter graphiquement différentes situations (p. ex. enfumage et température en fonction de diverses durées d'incendie).

#### **4.1.2. Autres méthodes reconnues**

La preuve peut aussi se fonder sur des normes, tabelles, formules ou autres documents reconnus, pour autant que les conditions suivantes soient remplies :

- les mêmes objectifs de protection et scénarios feu sont à la base de ces méthodes
- les méthodes doivent avoir été établies et « prouvées » de manière reconnue par des calculs, expériences, tests, et/ou des lois scientifiques.

A titre d'exemple, on peut mentionner la série des normes DIN 18232.

#### **4.1.3. Conditions impératives pour les preuves**

Si les principes énoncés ci-avant ne sont pas satisfaits, la « preuve » ne peut être acceptée.

Il convient donc de soumettre pour avis à l'autorité de protection incendie, **en temps opportun avant l'établissement de la preuve**, une note d'hypothèses, quant au choix des méthodes et au respect des conditions mentionnées.



## **5. Objectifs de protection**

### **5.1. Objectifs de protection généraux**

Les objectifs de protection généraux sont fixés par l'article 8 de la norme de protection incendie (AEAI, 2015). Il s'agit, notamment, de garantir la sécurité des personnes et des animaux, de prévenir les incendies et explosions, de limiter la propagation des flammes, de la chaleur et de la fumée, de limiter les risques de propagation du feu aux bâtiments et aux ouvrages voisins, de conserver la stabilité structurelle du bâtiment pendant une durée déterminée, et de permettre une lutte efficace contre le feu en garantissant la sécurité des sapeurs-pompiers.

### **5.2. Objectifs de protection spécifiques**

Dans le cadre de l'utilisation de méthodes de calcul, la satisfaction aux objectifs de protection généraux doit être contrôlée sur la base de critères quantifiables, pour lesquels des seuils d'acceptabilité sont choisis en fonction des buts à atteindre.

Il est donc nécessaire de concrétiser les objectifs généraux de la norme de protection incendie (AEAI, 2015), sur la base de paramètres spécifiques au projet. Par exemple, « garantir la sécurité des personnes pendant un temps donné ».

En complément, en fonction de l'objet et des intérêts privés, des objectifs spécifiques, plus contraignants que ceux fixés par la norme de protection incendie, peuvent être fixés par le requérant.

### **5.3. Critères d'évaluation des objectifs de protection**

#### **5.3.1. Liste des critères**

Pour le désenfumage, la quantification des objectifs de protection se base sur les dangers principaux associés aux fumées : toxicité, diminution de la visibilité, températures et rayonnements thermiques élevés. L'évaluation des objectifs de protection est ainsi basée sur certains ou sur l'ensemble des critères suivants, considérés comme représentatifs des dangers des fumées :

- Hauteur de la « couche libre de fumées »
- Température des fumées
- Température dans la « couche libre de fumées »
- Coefficient d'extinction.

A relever que la terminologie « couche libre de fumées » doit être interprétée avec précaution : il peut s'agir en réalité d'une couche à faible densité de fumées. Des fumées diluées peuvent en effet y être présentes, pour autant qu'elles représentent un risque acceptable en matière de toxicité, de visibilité et de chaleur. Les terminologies « hauteur libre de fumées », « couche de libre de fumées » ou « zone libre de fumées » sont équivalentes.

Dans le cas standard, la stratification des fumées permet ainsi de distinguer sur la hauteur totale d'un compartiment deux zones théoriques :

- La zone dite « libre de fumée », du sol jusqu'à une hauteur  $h$ , à l'intérieur de laquelle devra s'effectuer l'évacuation des personnes, le sauvetage et l'intervention des sapeurs-pompiers.
- La zone dite « enfumée », de la hauteur  $h$  jusqu'au plafond, à l'intérieur de laquelle se trouve la quasi-totalité des gaz de combustion, chauds et toxiques.

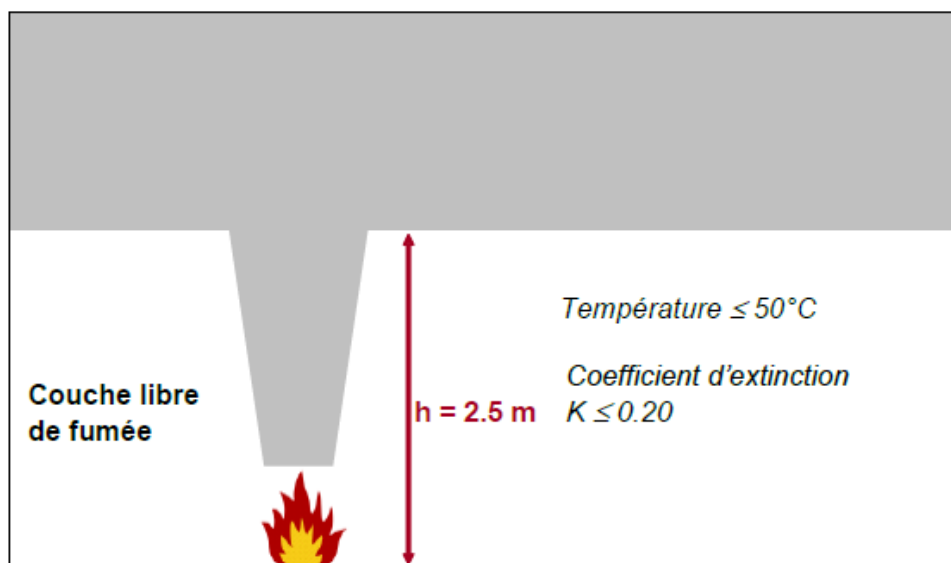


Figure1 : illustration des critères d'évaluation des objectifs de protection, pour un cas standard

D'une manière générale, il est souhaitable d'avoir une bonne stratification des fumées en partie haute de la pièce, qui rend possible une évacuation, même si les valeurs prises pour le calcul n'étaient pas exactement celles du feu réel.

Par contre, les situations avec de fortes turbulences et dilutions sont à proscrire. En effet, la séparation entre la zone « libre de fumée » et la zone « enfumée » n'est alors plus possible, ce qui complique l'évacuation des personnes. De plus, l'atteinte des critères de performance devient excessivement dépendant de la qualité des paramètres d'entrée des calculs.

En complément, dans les modèles de champs (CFD), il n'y a généralement pas de limite nette entre zone « libre de fumée » et zone « enfumée ». La hauteur libre correspond alors à la hauteur maximale par rapport au sol, à laquelle les objectifs de protection définis pour la « couche libre de fumées » sont encore respectés.

### 5.3.2. Seuils-limites

L'autorité compétente fixe pour chaque compartiment les seuils-limites d'acceptation des différents critères à prendre en compte. Un seuil-limite est toujours lié à une durée de référence donnée.

Dans le cas standard, sans dangers ni risques d'incendie particuliers, les valeurs-cibles suivantes pour les critères d'évaluation définis, sont applicables :

Critère	Valeur cible
Hauteur de la couche libre	$\geq 2.5$ m.
Température des fumées	$\leq 200^\circ$ C
Température dans la couche libre	$\leq 50^\circ$ C
Coefficient d'extinction K (couche libre)	$\leq 0.2$ m <sup>-1</sup>

Tableau 2 : valeurs-cibles applicables dans le cas standard, pour les différents critères d'évaluation

Une valeur du coefficient d'extinction « K », inférieure à 0.20, permet de garantir que les concentrations des autres polluants (CO<sub>2</sub>, CO, HCN, ...) ne dépassent pas des valeurs critiques pour les personnes et que la vitesse de déplacement ne sera pas réduite par rapport à une situation sans fumée. De plus, ce critère est directement lié à la distance de visibilité (voir Jin, Rasbash ou ISO 13751).

Les paramètres nécessaires pour les calculs sont proposés par l'ingénieur. Ils doivent être établis pour chaque compartiment à désenfumer. La proposition est documentée par écrit et soumise pour avis à l'autorité de protection incendie en temps opportun avant le début de la simulation. Sans prescription particulière, les conditions fixées dans ce chapitre sont applicables. Il convient dans tous les cas d'établir une proposition sur tous les critères d'appréciation et de la soumettre à l'autorité de protection incendie pour avis avant l'élaboration de la preuve.

### 5.3.3. Hauteur libre de fumée

Les objectifs de protection pour la sécurité des personnes (évacuation autonome) se fondent sur la garantie d'une couche « libre de fumée » suffisamment haute durant une période suffisante.

Pour la sécurité des personnes, une couche « libre de fumée » de 2.5 m est une exigence typique. Cela n'est toutefois pas possible lorsqu'un local a une hauteur sous plafond inférieure à 2.5 m. Par ailleurs, pour une hauteur de local élevée, la hauteur libre de fumée nécessaire doit être augmentée afin de tenir compte des incertitudes liées aux méthodes de calcul. La hauteur à respecter est donc dépendante de la hauteur du local.

La hauteur d'un local est la distance entre le sol et le plafond brut. Si le local comporte un faux-plafond (par exemple panneaux métalliques de type « caillebotis ») dont le pourcentage de perforation est inférieur à 50%, la hauteur du local doit être mesurée entre le sol et le faux-plafond. Pour considérer le faux-plafond comme « ouvert », sa surface doit présenter un pourcentage d'ouverture supérieur à 50%, régulièrement réparti sur toute la surface.

Lorsque plusieurs étages sont reliés entre eux, par exemple pour un atrium ouvert sur des étages supérieurs ou une salle de spectacle avec gradins, balcons, etc., les hauteurs libres de fumée doivent être

fixées au cas par cas. Il faut notamment tenir compte des voies de fuite que les personnes présentes dans les étages supérieurs doivent emprunter.

#### **5.3.4. Durée de référence**

La durée de référence pour l'évacuation autonome d'un local est dépendante de sa géométrie et des caractéristiques de celui-ci (nombre d'issues, largeurs, densité de personnes, ...). Cette durée est dénommée ASET dans la littérature (Available Safe Egress Time).

En cas de respect du nombre, des longueurs et des largeurs des voies d'évacuation nécessaires selon la directive AEAI 16-15 « Voies d'évacuation et de sauvetage », le temps ASET doit être de 15 minutes au minimum.

Si le projet ne respecte pas la directive AEAI 16-15 dans son intégralité ou que l'on peut s'attendre, de par la configuration des locaux, à une durée d'évacuation supérieure à celle prévue dans l'AEAI, alors une étude prenant en compte le temps d'évacuation des personnes est donc nécessaire pour pouvoir déterminer le temps disponible pour l'évacuation, dénommé RSET (Required Safe Egress Time).

La durée ASET prévue doit être soumise pour approbation à l'autorité de protection incendie.

## **6. Scénarios de feu**

### **6.1. Contenu d'un scénario**

Pour toute affectation et quel que soit le danger d'incendie, l'éclosion et le développement d'un incendie réel est lié à une multitude de paramètres : combustibilité et inflammabilité des matériaux, chaleur de combustion, répartition du combustible, déperditions thermiques, influence des installations de ventilation et de climatisation, produits de combustion, conditions météorologiques, installations automatiques d'extinction, actions humaines, sources d'ignition, etc.

La liste de ces paramètres n'est pas exhaustive. Il apparaît de manière assez évidente qu'aujourd'hui, aucun modèle de calcul n'est à même de tenir compte de l'intégralité de ces paramètres.

Ainsi, dans une approche simplifiée et reconnue internationalement, les scénarios d'incendie sont caractérisés par plusieurs paramètres essentiels. Cette paramétrisation des scénarios d'incendie sert de base à la réalisation des calculs et au dimensionnement des installations de désenfumage.

La définition des scénarios feu est un élément fondamental compte tenu des conséquences sur les résultats de simulation. Un scénario feu comprend les éléments suivants :

- Géométrie et caractéristiques du compartiment
- Lieu d'incendie
- Paramétrisation du feu
- Influence des installations techniques
- Conditions environnementales

Ces éléments sont décrits en détail ci-après.

### 6.1.1. Géométrie et caractéristiques du compartiment

Avant de procéder à un quelconque calcul, il faut établir schématiquement la géométrie du compartiment concerné et les relations avec les locaux adjacents et l'extérieur. Les éventuels cantonnements pare-fumée, ainsi que les éléments mobiliers ou immobiliers, ayant une incidence significative sur les calculs, doivent être considérés.

Si leur impact sur les calculs est significatif, les hypothèses faites quant aux propriétés thermiques des parties de construction doivent être précisées.

### 6.1.2. Lieu d'incendie

A chaque scénario feu correspond un lieu d'incendie.

La localisation des scénarios feu doit permettre de justifier le dimensionnement adéquat des installations de désenfumage (satisfaction aux objectifs de protection). Ainsi, le choix des lieux d'incendie doit être représentatif et correspondre à la grande majorité des situations rencontrées. Les positions des scénarios de feu doivent permettre de répondre à cette exigence. En général, au moins deux lieux d'incendie dans chaque compartiment seront analysés :

- Le lieu où l'incendie a le plus de probabilités d'éclater
- Le lieu où le déclenchement d'un incendie est défavorable (du point de vue du désenfumage : p. ex. une zone « morte » peu ventilée)
- Pour les atriums, la localisation des foyers d'incendie doit correspondre aux propositions indiquées dans la note explicative AEAI 101-15 « Bâtiments avec cour intérieure couverte ou cour intérieur » soit :
  - La cour intérieure couverte près des voies d'évacuation
  - L'angle de la cour intérieure couverte
  - La zone arrière dès lors que la cour intérieure couverte y est reliée par une communication ouverte.

Les lieux d'incendie doivent tenir compte du positionnement prévu des amenées d'air et extractions de fumée (p. ex. un scénario d'incendie ne sera pas disposé directement au-dessous d'un exutoire de fumée).

### 6.1.3. Paramétrisation du feu

Pour le dimensionnement d'une installation de désenfumage, les paramètres essentiels des scénarios d'incendie sont les suivants :

- **Courbe de puissance.** Cette courbe précise l'évolution de la puissance du feu dans le temps. Elle est liée à la surface de l'incendie et à la densité de puissance. Elle est définie par une puissance de feu maximale (kW) et une vitesse de propagation (kW/s<sup>2</sup>). Sous réserve de cas particuliers, il est admis de considérer l'action d'une installation sprinkler sur la courbe de puissance.

- **Type de combustible.** Les propriétés du combustible et sa répartition dans l'espace sont des éléments essentiels. Les paramètres liés sont la chaleur de combustion (MJ/kg), le taux de production de fumée (g/g) et la densité de puissance (puissance libérée par surface ou volume d'incendie).

### 6.1.3.1 Courbe de puissance

La courbe de puissance se subdivise en deux parties : une courbe de croissance (naissance du feu et développement) et une courbe horizontale (feu de puissance constante). Sans autre justificatif, le calcul doit considérer que le combustible et le comburant (oxygène) sont présents en quantité suffisante pendant toute la durée d'incendie étudiée. Ainsi, une phase de décroissance par disparition du combustible ou du comburant n'est pas prise en compte dans les calculs.

La courbe de puissance ne tient pas compte de l'extinction du feu par les pompiers ou par des occupants. Par contre, le calcul s'arrête dès que les opérations de lutte contre le feu sont effectives.

La phase de croissance est assimilée à une fonction quadratique : la puissance ( $P$ ) croît avec le carré du temps ( $t$ ) sur la base d'un coefficient  $\alpha$  correspondant à la vitesse de propagation :  $P = \alpha \cdot t^2$ . En règle générale, la valeur de  $\alpha$  varie entre  $\alpha = 0.0028 \text{ kW} / \text{s}^2$  pour des feux à croissance lente et  $\alpha = 0.178 \text{ kW} / \text{s}^2$  pour des feux à croissance très rapide.

La puissance maximale du feu ( $P_{\max}$ ) dépend de l'affectation de la zone analysée. Elle ne dépend pas des mesures de désenfumage. Il est nécessaire de relever que  $P_{\max}$  est une puissance de feu servant au dimensionnement du désenfumage, mais ne correspond pas à une situation d'embrasement généralisé (« flash over »). Ce scénario n'est pas le « worst-case » mais un scénario « worst credible case »

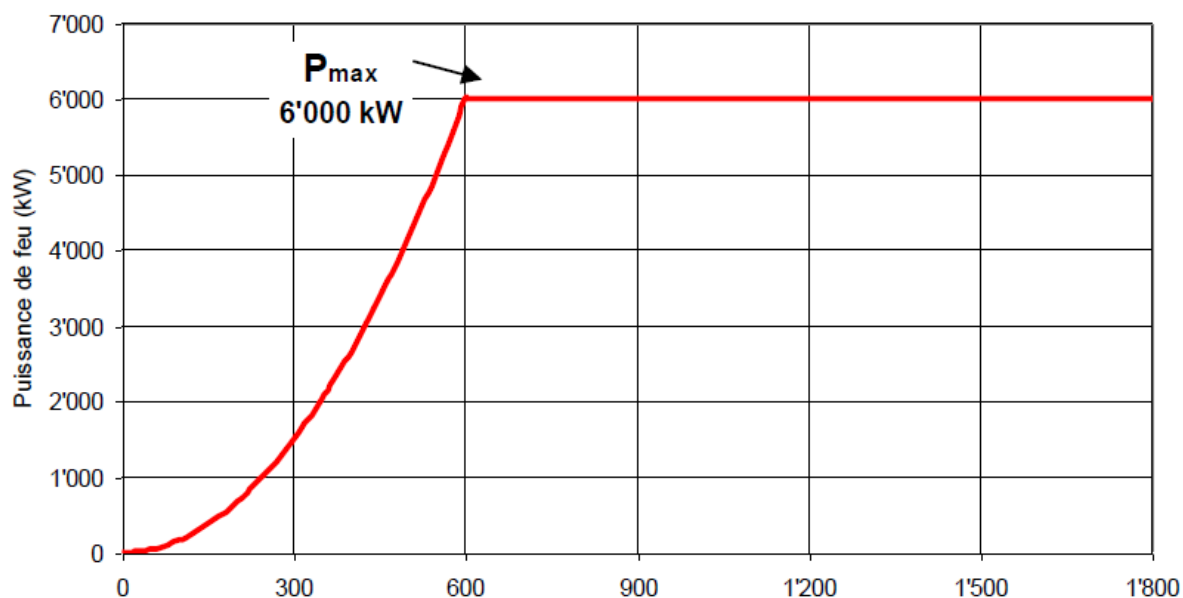


Figure 4 : exemple de courbe de puissance (vitesse de propagation =  $0.01667 \text{ kW/s}^2$ )

### 6.1.3.2 Combustible

Sans autre justificatif, pour toutes les affectations, la chaleur de combustion est fixée de manière standard à 25 MJ/kg, ce qui correspond approximativement à une matière de composition mixte. Pour le feu de faible intensité de 100 kW par exemple, la chaleur de combustion est fixée à 10 MJ/kg (cette valeur doit être combinée à une forte production de fumée).

La production de fumées (suies) peut être catégorisée en trois classes, selon qu'il s'agit d'un dégagement faible (p.ex. bois), moyen (p.ex. mélange de matières) ou fort (p.ex. certaines matières synthétiques). Les valeurs peuvent varier dans une fourchette de 0.01 g/g à 0.2 g/g (gramme de fumées (suies) produites par gramme de matière brûlée).

Dans le cas standard, on admet une production de fumées de 5 % (0.05 g/g). Si un très fort dégagement de fumées est à prévoir, la production de fumées est de 10%, voire 20% dans des cas exceptionnels. Cette paramétrisation est à utiliser pour les modèles à champ (CFD), qui considèrent un débit massique de suies (g/s) proportionnel à la puissance du feu.

Pour les modèles à zones et selon différentes formules analytiques, le débit massique de fumées est calculé par des équations dépendantes de la hauteur d'entraînement des fumées et de l'intensité du feu. Ce débit massique de fumées correspond aux masses d'air entraînées par le phénomène de combustion ; la densité de suies à l'intérieur de ces fumées est variable en fonction des 2 paramètres précités.

Concernant la densité de puissance, la « valeur par défaut » est estimée à 300 kW/m<sup>2</sup>, ou en cas d'utilisation de modèles avec des sources volumiques, à 500 kW/m<sup>3</sup>. Il s'agit toutefois d'une hypothèse de calcul simplifiée, et il appartient à l'ingénieur de vérifier, notamment en fonction de l'affectation et des dangers d'incendie, si cette valeur est applicable ou doit être adaptée.

Le mode de représentation de la source d'incendie (surface/volume, orthogonal/sphérique, etc.) est de la responsabilité du bureau en charge des calculs.

La paramétrisation définie est applicable à tout justificatif de désenfumage. Toutefois, en fonction de l'objet (cas particuliers, avec dangers d'incendie et/ou charges thermiques spécifiques) une autre paramétrisation peut être recommandée ou nécessaire. Un justificatif, devant être approuvé par l'autorité de protection incendie, est alors à établir par le requérant.

Pour certaines affectations (p.ex. industrie, artisanat...), il est nécessaire de différencier le choix de la courbe de puissance en fonction des dangers d'incendie spécifiques.

D'une manière générale, lorsque les dangers d'incendie ne sont pas clairement établis, il est pertinent de faire varier différents paramètres et d'évaluer leur incidence sur les résultats.

La personne en charge des calculs doit vérifier si les conclusions d'une étude restent également valables pour un feu de faible intensité, avec forte production de fumées (c'est-à-dire production de suies égale à 10%).

L'évaluation des conséquences d'un feu de faible intensité s'avère nécessaire notamment dans les cas suivants :

- Installation naturelle de désenfumage, dans un local à grand nombre d'occupants (conditions météorologiques : voir chapitre 6.1.5) ;

- Installation de désenfumage asservie à une installation sprinkler (pas d'installation de détection incendie). Le feu de faible intensité n'est en effet pas suffisant pour déclencher une installation sprinkler.

#### **6.1.4. Influence des installations techniques**

##### **6.1.4.1 Influence d'une détection incendie**

Une détection incendie seule ne permet pas de modifier la courbe de feu (pas de limitation de la puissance maximale).

Par contre, la détection incendie joue un rôle fondamental pour le démarrage automatique des installations d'extraction. Une mise en marche aussi rapide que possible (p.ex. lors de l'alarme interne) est importante pour la satisfaction des objectifs de protection.

Dans certains cas, il peut être judicieux, voire nécessaire, de compléter une installation sprinkler par une détection incendie (double protection), conforme à l'état de la technique, afin d'assurer un démarrage rapide des installations d'extraction.

Le temps de réaction d'une détection incendie est difficile à évaluer. Il dépend bien entendu du scénario d'incendie, mais chaque type de détecteur peut avoir des valeurs-seuils (température, gradient de température, obscurcissement, etc.) qui lui sont propres. En outre, les dispositifs contre les fausses alarmes peuvent générer des temporisations variables de cas en cas.

Ainsi, le bureau spécialisé proposera une hypothèse plausible concernant le temps de réaction d'une détection d'incendie, en tenant compte de l'objet et de son environnement propre.

##### **6.1.4.2 Influence d'un sprinkler**

Conformément à la directive de protection incendie AEAI « Installations sprinklers » et l'état de la technique correspondant (directives techniques SES), les installations sprinklers doivent être dimensionnées de manière à éteindre un feu ou à le contenir jusqu'à l'arrivée des forces d'intervention. Elles peuvent également servir à asservir les installations d'extraction de fumée et de chaleur.

Dans le cas standard et sous réserve des conséquences liées aux turbulences provoquées par le déclenchement du sprinkler, il peut être tenu compte de l'influence d'une installation sprinkler dès le déclenchement des buses.

Différentes formules ont été développées pour exprimer l'influence d'une installation sprinkler sur l'évolution du débit calorifique d'un incendie : évolution constante, exponentielle, décroissance linéaire, etc. Il apparaît toutefois que la variabilité de ces formules, peut avoir des incidences disproportionnées sur l'évolution du débit calorifique, et donc sur le dimensionnement des installations de désenfumage.

En conséquence, l'approche suivante, conforme au principe de proportionnalité et cohérente avec l'état de la technique (directives techniques SES), doit être retenue pour le désenfumage :

- Une installation sprinkler est considérée comme pouvant contenir un feu.
- La puissance de feu après déclenchement de l'installation sprinkler reste constante.



Les autres formules décrivant l'effet d'un sprinkler sur la puissance de feu ne sont pas admises dans le cadre de cette recommandation.

En cas d'utilisation de normes étrangères pour le dimensionnement du sprinkler, la prise en compte de son effet sur la courbe de puissance est réservée.

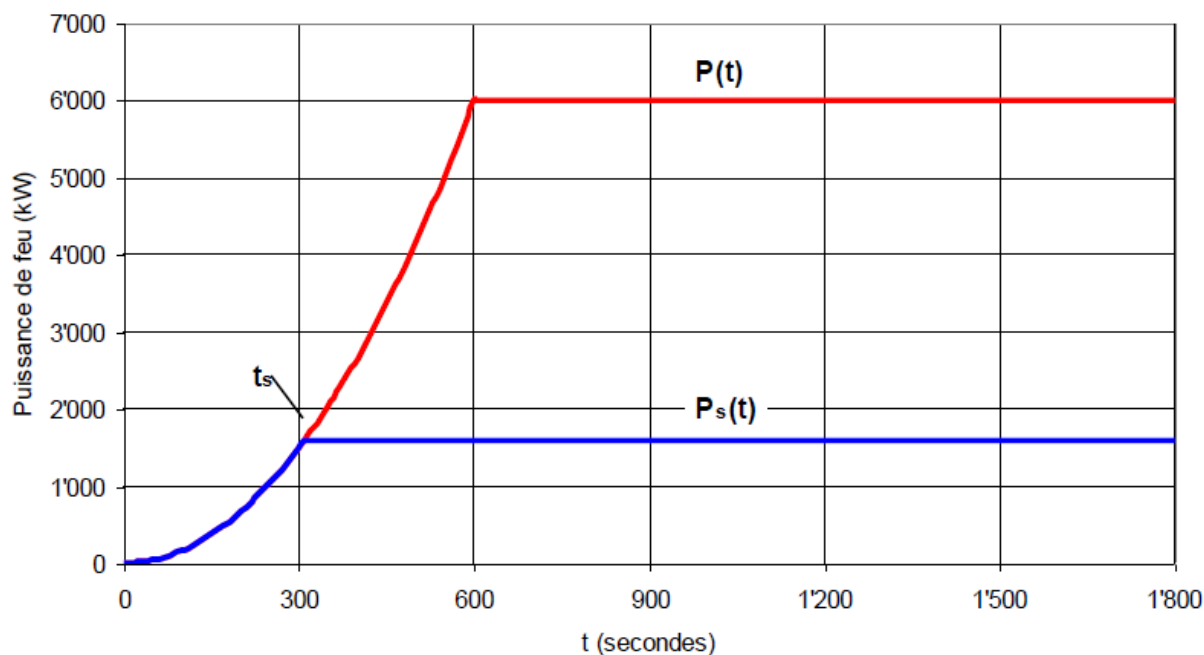


Figure 5 : Exemple de courbe de puissance sous l'effet d'une installation sprinkler (évolution constante).  $P(t)$  : puissance de feu sans sprinkler.  $P_s(t)$  : puissance de feu avec sprinkler.  $t_s$  : temps d'activation du sprinkler.

Dans le cas standard, le temps d'activation du sprinkler dépend essentiellement des paramètres suivants : vitesse de propagation, sensibilité de réaction du sprinkler (RTI), température de déclenchement des buses (°C) et hauteur du local. Ces valeurs peuvent être tirées de tables (VDI 6019, VSICC) ou calculées à l'aide de formules.

Alternativement, le temps d'activation des installations sprinkler peut être évalué par le calcul à l'aide des formules reconnues. Dans ce cas, les hypothèses de calcul et un justificatif plausible doivent être proposés par l'ingénieur à l'autorité.

#### 6.1.4.3 Asservissement des installations de désenfumage

Afin de garantir le niveau de sécurité requis et sans autre justificatif, la mise en fonction des systèmes de désenfumage doit se faire par une installation technique (sprinkler et/ou détection).

L'asservissement des installations d'extraction de fumée conditionne les résultats de la simulation. Il est donc important de préciser à quel moment dans la courbe de montée en puissance (phase de croissance du feu), le désenfumage sera mis en fonction.

Il est nécessaire de préciser :

- Le déclencheur du système (alarme-feu de la détection incendie et/ou du sprinkler, fusible thermique, ...)

- Les éléments asservis (exutoires, ouvrants, clapets, ventilateurs, ...) et leur source d'énergie (électrique, mécanique, ...).

On relèvera l'importance d'asservir tant les extracteurs de fumées que les amenées d'air. Par exemple, l'ouverture d'exutoires sans amenées d'air correspondantes, peut conduire rapidement à l'enfumage généralisé d'un local ; une installation d'extraction mécanique mise en fonction sans amenée d'air, peut créer une dépression empêchant l'ouverture des issues de secours. Une intégration précoce des contraintes éventuelles liées à l'asservissement des amenées d'air (p.ex. problèmes d'intrusion) est nécessaire. Des solutions simples existent : grillages, ouvrants à lamelles, etc.

Si le mode d'asservissement est complexe (p.ex. centre commercial avec asservissements sélectifs dans différentes zones de désenfumage), l'établissement d'une matrice des asservissements incendie (voir la note explicative AEAI 108-15) est indispensable.

Les facteurs de retardement doivent être pris en compte dans les simulations : délai entre le déclenchement d'une détection et l'activation des asservissements incendie, ouverture des amenées d'air frais et des clapets de désenfumage, démarrage des ventilateurs de pulsion et d'extraction, etc. Par exemple, une installation d'extraction mécanique ne peut être enclenchée avant l'ouverture complète de l'arrivée d'air frais (risque de dommages).

### **6.1.5. Conditions environnementales**

Si cela s'avère nécessaire, l'ingénieur propose des paramètres plausibles pour les conditions environnementales, sur la base de valeurs statistiques, de particularités locales et de données géométriques. Le but est que ces valeurs représentent des situations rencontrées sur le site pendant au minimum le 80% du temps.

#### **6.1.5.1 Influence du vent**

L'orientation et la forme des exutoires de fumées peuvent avoir une influence négative sur le désenfumage s'il y a du vent.

Une orientation défavorable peut créer une surpression du côté de l'ouverture de l'extraction, empêchant ainsi le désenfumage et provoquant des turbulences dans la zone intérieure. Ce phénomène doit être évité.

L'ingénieur doit prévoir une orientation, une forme et un angle d'ouverture appropriés des exutoires de fumées, compte tenu de la vitesse et de la direction du vent. Des informations peuvent être trouvées p.ex. dans la norme SN EN 12101-2.

Une justification par le calcul de l'efficacité du désenfumage, en cas d'influence du vent défavorable, n'est possible que si l'on se sert de modèles de champs (CFD).

#### **6.1.5.2 Influence de la température extérieure**

En fonction des différences de températures entre l'air extérieur et intérieur, des conditions défavorables au désenfumage peuvent apparaître, notamment pour le désenfumage naturel. Par exemple, dans un local climatisé en été, le tirage thermique des fumées peut être insuffisant pour leur bonne évacuation.

Ces conditions, plus marquées dans des locaux élevés et/ou lorsque la puissance de feu est faible, peuvent provoquer des turbulences à l'intérieur. Cela doit être évité.

L'autorité de protection incendie décide s'il y a lieu de vérifier l'efficacité du désenfumage en cas d'une température extérieure défavorable. En règle générale, cette vérification est nécessaire en cas d'extraction naturelle de fumée et de chaleur, pour des locaux prévus pour un grand nombre de personnes (plus de 300 personnes).

## **6.2. Rôle de l'ingénieur et exigences de l'autorité**

Les scénarios feu, et tous les éléments constitutifs de ces scénarios listés au paragraphe 6.1, doivent être précisés pour chaque compartiment en fonction de son affectation.

L'ingénieur propose les scénarios feu et les soumet pour avis à l'autorité de protection incendie en temps opportun avant le début des simulations.

Si des caractéristiques de feu autres que celles données au chapitre 6.1 sont choisies par l'ingénieur, celui-ci doit clairement et pertinemment justifier son choix.

## **6.3. Autres hypothèses de calcul**

Hormis les scénarios feu, il existe d'autres données spécifiques sur lesquelles repose le modèle de calcul. Ce sont par exemple les coefficients de radiation et de convection, la taille de la maille, l'équation de combustion, les caractéristiques thermiques des parois, ainsi que les bilans énergétiques et massiques.

Ces données sont de la responsabilité du bureau spécialisé qui doit mentionner, le cas échéant, les spécificités de son modèle.

## **7. Documents à fournir**

Un concept de désenfumage avec preuve par le calcul doit contenir au minimum les éléments suivants selon le chiffre 3.2.2 de la directive AEAI 27-15 :

- Données de base
- Objectifs de protection
- Evaluation des risques
- Scénarios feu
- Apport de la preuve
- Appréciation de la réalisation des objectifs
- Conclusions et rapport final

Ces éléments sont décrits aux points suivants 7.1 à 7.7

### **7.1. Données de base**

La date, la version et l'auteur du rapport et son mandataire sont à préciser.

Les caractéristiques et données essentielles du projet sont à décrire de manière synthétique, de même que les mesures de protection incendie prévues. Il est impératif que la preuve soit coordonnée avec le concept de protection incendie de l'ouvrage.

## **7.2. Objectifs de protection**

Le rapport doit contenir les objectifs de protection convenus avec l'autorité. Ceux-ci seront clairement définis pour chaque compartiment selon son affectation ; sont notamment applicables les critères d'évaluation définis et les seuils-limites à respecter. Il sera en outre précisé si l'objectif de protection est variable sur la période de simulation.

## **7.3. Scénarios de feu**

Les éléments constitutifs d'un scénario feu (cf. chapitre 6.1) sont à décrire explicitement.

### *7.3.1. Géométrie et caractéristiques du compartiment*

La représentation conceptuelle du bâtiment ou d'un compartiment sous forme de volumes simplifiés doit être explicitée, y compris les hypothèses de représentation choisies. Les liaisons entre compartiments et l'extérieur doivent figurer. La taille des mailles doit être indiquée.

### *7.3.2. Lieu d'incendie*

La position des feux doit être clairement identifiée. De plus, une explication portant sur le choix du nombre de feux et de leur position doit également être apportée.

### *7.3.3. Paramétrisation*

Il doit être clairement mentionné dans le rapport quelles sont les caractéristiques du feu associées à chacun des scénarios. Les équations de combustion utilisées doivent être explicitées.

Les courbes de puissance seront représentées graphiquement en précisant la vitesse de propagation () et la puissance maximale. En cas d'installation sprinkler, la représentation graphique comportera également la courbe de puissance modifiée.

La production de suies / de fumées sera précisée. Les paramètres utilisés pour modéliser la production de suie (équation de combustion, dégagement de chaleur spécifique) doivent être clairement explicités.

### *7.3.4. Influence des installations techniques*

Pour les installations techniques (sprinkler et/ou détection), il sera précisé : le temps de déclenchement du sprinkler ( $t_s$ ), le temps d'activation de la détection ( $t_d$ ).

Les caractéristiques principales de ces installations (sprinkler : classe de danger, RTI, température de déclenchement des buses... ; détection : thermique, fumée, multicritères, ...) sont basées sur des documents fixant l'état de la technique.

#### 7.3.5. Conditions environnementales

Lorsqu'une vérification de l'influence du vent et/ou d'une température extérieure défavorable est nécessaire (voir chapitre 6.1.5), le rapport précisera les données de base suivantes :

- Influence du vent : description de la position, l'orientation et l'angle d'ouverture des exutoires de fumées, ainsi que des directions et des vitesses du vent.
- Influence d'une température extérieure défavorable : description des températures interne et externe.

Toutes ces données doivent être suffisamment documentées.

#### 7.4. Autres hypothèses de calcul

Le rapport doit contenir les hypothèses de calcul ayant une influence significative sur les résultats. Il s'agit, entre autres, des hypothèses sur les parois et les conditions aux limites.

Le rapport précisera aussi la méthode de calcul utilisée (désignation, version, année), et si les limites d'application sont respectées. En cas d'utilisation de modèle CFD, le maillage (nombre de « volumes de contrôle ») doit être précisé.

#### 7.5. Résultats

Les résultats doivent être présentés sous forme graphique et sous format texte. Chaque représentation graphique doit comporter les éléments nécessaires à sa lecture (p.ex. échelle de couleurs) ainsi que la localisation des systèmes d'extraction et d'arrivée d'air frais.

Les résultats importants sont à présenter de manière synthétique (p.ex. table). Les conclusions sur les résultats doivent être claires, univoques et indiquer si les objectifs de protection sont atteints ou non.

Quel que soit le modèle utilisé, le spécialiste en charge des calculs vérifiera la plausibilité des résultats obtenus : compte tenu des paramètres d'entrées (input) du modèle, les sorties (output) sont-elles possibles, pour l'objet étudié ?

##### 7.5.1. Modèles de zones

Pour les modèles de zones, chaque scénario feu (variante de simulation) et chaque critère analysé (p. ex. hauteur de la zone « libre de fumée » ou température de la zone « enfumée ») doivent être montrés sur un diagramme xy. Le seuil-limite du critère analysé doit figurer sur ce même diagramme.

### 7.5.2. Modèles de champs

Avec les modèles de champs, il faut montrer, pour chaque scénario feu (variante de simulation) et pour chaque critère analysé (concentration des fumées, température, ...) :

- Des coupes horizontales aux hauteurs et durées de référence intéressantes pour la compréhension.
- Des coupes verticales à travers le foyer et dans des endroits intéressants, au minimum au même temps que les coupes horizontales. Des coupes supplémentaires aux moments particulièrement intéressants (débordement de la fumée dans un autre compartiment, ...) doivent être fournies.

La documentation doit être complète et compréhensible pour que l'autorité de protection incendie puisse juger de sa plausibilité.

### 7.6. Installation d'extraction de fumée et de chaleur

Le rapport doit clairement définir le mode de désenfumage :

- extraction naturelle avec arrivée d'air frais naturelle ou
- extraction mécanique avec arrivée d'air frais naturelle (option à préférer) ou
- extraction mécanique avec arrivée d'air frais mécanique

Une arrivée d'air frais mécanique avec extraction naturelle n'est pas admise, en raison des risques induits (turbulences, propagation des fumées dans les locaux adjacents par différence de pression, ...).

Le rapport doit aussi indiquer l'emplacement de chacune de ces installations, ainsi que leurs caractéristiques (surfaces et/ou débits), de même que les éventuels cantonnements de fumées. Tenant compte du mode d'asservissement choisi, le moment auquel les extractions de fumée et arrivées d'air frais se mettent en route doit être précisé.

Les commandes et la fonction de l'installation d'extraction de fumée et de chaleur sont à décrire, p.ex. au moyen d'une matrice. Celle-ci fait partie intégrante de la matrice des asservissements incendie, qui contrôle aussi d'autres composants (p. ex. portes coupe-feu, ascenseurs...). Il convient de l'établir conformément à la note explicative de protection incendie AEAI 108-15 ou autre état de la technique équivalent. La matrice montre par exemple le type de détection, d'alarme, d'arrivée d'air frais, de désenfumage et d'autres commandes nécessaires. Elle doit être soumise pour approbation à l'autorité de protection incendie en temps opportun avant le début du contrôle de réception sur place.

### 7.7. Conclusions et rapport final

Les conclusions doivent indiquer clairement les mesures à réaliser et les éléments essentiels à respecter.

Le rapport final reprend tous les points susmentionnés. L'auteur du rapport, le maître d'ouvrage et les représentants des corps d'état concernés attestent par leur signature qu'ils acceptent le rapport. Celui-ci doit être soumis pour validation à l'autorité de protection incendie en temps opportun, avant la commande des éléments à installer, respectivement avant le début de l'exécution.

Il convient de relever que la validation de l'autorité n'est pas basée sur une vérification de l'exactitude des calculs : ces derniers restent de la pleine responsabilité du bureau spécialisé.

L'autorité de protection incendie analyse la preuve de performance du désenfumage afin de déterminer si elle est complète, compréhensible et plausible. Cette évaluation est basée sur les critères suivants :

La documentation est complète dès lors que :

- elle contient tous les documents nécessaires à ce que l'autorité de protection incendie puisse en comprendre les conclusions et les recommandations et juger de leur plausibilité ;
- elle contient notamment toutes les données, complètes et précises, mentionnées sous le chiffre 7

Une documentation est compréhensible lorsque :

- elle permet d'examiner la valeur des arguments et des conclusions de l'étude sur la base des éléments qui y sont exposés;
- ses conclusions sont justifiées.

Une documentation est plausible lorsque :

- elle contient des conclusions vraisemblables qui obéissent aux principes physiques reconnus et s'appuient sur des justifications convaincantes et cohérentes ;
- les informations qu'elle comporte correspondent aux solutions attendues par une personnes spécialisée dans ce domaine ou que les écarts par rapport à ces solutions sont justifiés.

Le rapport final approuvé, signé par toutes les parties, constitue la base pour la réalisation de l'ouvrage et les tests ultérieurs de l'installation.

En complément, l'expérience montre que parfois, en cours d'exécution, des modifications sont apportées au concept initialement prévu. Cela ne doit pas constituer la règle et ne peut être admis que dans des cas exceptionnels et pour des motifs impératifs. Dans tous les cas, le concept de désenfumage doit être mis à jour en conséquence, en précisant notamment les conséquences des modifications sur les résultats des calculs. Le rapport mis à jour est à transmettre à l'autorité pour validation, au plus tard en fin de chantier. En fonction des résultats et conclusions, des assainissements peuvent être nécessaires.

Les constructeurs sont rendus attentifs au fait que le postulat « non conforme, mais déjà construit » ne peut en aucune façon constituer un justificatif pour des modifications significatives apportées par rapport au concept initial.

## **8. Contrôles et exploitation des locaux**

Les installations d'extraction de fumée et de chaleur sont des équipements de protection incendie. Elles doivent être conformes à l'état de la technique et être conçues, dimensionnées, exécutées et entretenues de manière à être efficaces et prêtes à fonctionner en tout temps.

Le dimensionnement d'une installation de désenfumage par le calcul fait l'objet de la présente recommandation.

La conformité de son exécution, conformément au concept prévu et à l'état de la technique, doit être évaluée lors d'un contrôle de réception.

La maintenance d'une installation d'extraction de fumée et de chaleur est de la responsabilité du propriétaire et/ou de l'exploitant du bâtiment, qui doit veiller à ce que les équipements de protection incendie fonctionnent correctement en tout temps.

### **8.1. Mise en œuvre du concept**

Le bureau spécialisé ayant établi le concept de désenfumage doit normalement être intégré tout au long de la réalisation du projet, afin de pouvoir évaluer les conséquences d'éventuelles modifications entre le moment de la mise à l'enquête et la fin des travaux. Il doit vérifier que le concept mis en œuvre correspond bien à celui qu'il a préconisé et l'attester envers l'autorité de protection incendie. Si ce n'est pas le cas, ces directives concernant la réalisation du désenfumage devront être impérativement respectées. Le responsable de l'assurance qualité en protection incendie devra s'en assurer tout au long du processus de réalisation.

### **8.2. Appel d'offre, réalisation et contrôle de réception**

L'appel d'offre et la réalisation de l'installation de désenfumage devra être conforme en tous points aux spécifications de la preuve de performance. Son exécution sera surveillée par le responsable de l'assurance qualité en protection incendie.

Le contrôle de réception de l'installation de désenfumage est une condition à l'utilisation des bâtiments et à la remise de l'autorisation d'exploiter. Il inclut les éléments suivants :

- 1) Concept (avec preuve par le calcul)
- 2) Attestation de conformité
  - Surfaces, débits, localisation des amenées d'air
  - Surfaces, débits, localisation des extractions de fumée
  - Vitesse des amenées d'air
  - Résistance aux températures élevées des éléments exposés (ventilateurs, conduits d'extraction, clapets, ...)
  - Résistance mécanique de l'installation
  - Mise en fonction garantie en tout temps (alimentation de sécurité, énergie mécanique, ...)
  - Eléments immobiliers (parois, planchers, portes, retombées, ouvertures, ...) et mobiliers retenus pour les calculs de dimensionnement
  - Possibilité d'ouverture des issues
- 3) Test intégral (contrôle des asservissements incendie)
  - Délai de mise en fonction
  - Commande manuelle de mise en fonction
  - Asservissements collectif/sélectif aux installations techniques
  - Matrice des asservissements incendie



#### 4) Consignes d'exploitation et pour la maintenance

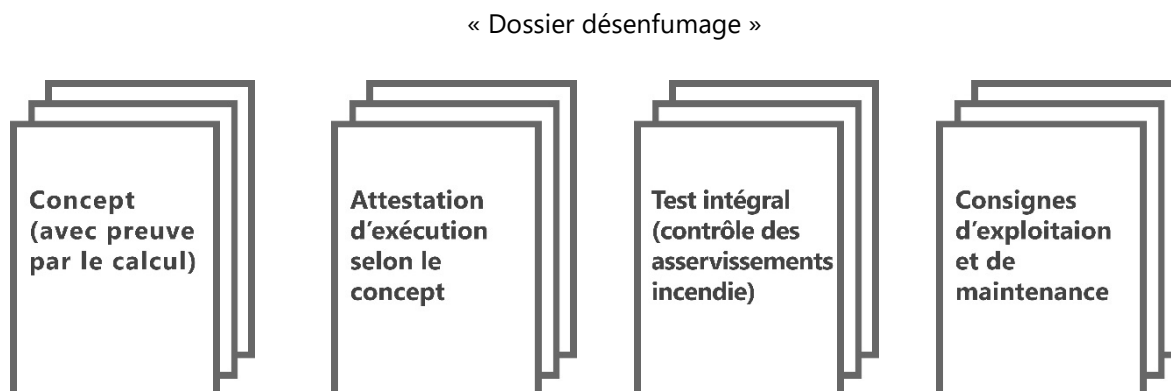


Figure 7 : illustration des éléments nécessaires au contrôle de réception d'une installation de désenfumage

### 8.3. Contrôle relatif aux installations techniques – Test Intégral

Un test intégral sert au contrôle de tous les composants en protection incendie asservis automatiquement ainsi que leurs interactions. Ceci comprend la commande correcte, devant répondre aux directives en vigueur (à l'aide de lignes primaires), et le bon fonctionnement. Un test intégral peut être effectué sur la base de la note explicative de protection incendie AEAI 108-15.

Pour le test intégral, la matrice du dispositif de commande en cas d'incendie (voir point 7.6), les plans de zones, les listes de contrôle et le déroulement du test détaillé (temps et contenu) doivent être documentés.

Si le test réussit et que la documentation est complète, l'autorité de protection incendie confirme le bon fonctionnement en vue de la délivrance de l'autorisation d'exploiter ; autrement des corrections et un nouveau test sont exigés avant la mise en service.

Il est à relever qu'un « test de fumées » peut être réalisé dans le cadre d'un test intégral mais n'est en aucun cas une exigence pour tester la détection d'incendie, la transmission de l'alarme en temps requis, l'extraction de la fumée et l'arrivée d'air frais ainsi que tous les autres asservissements incendie.

**L'ECA-Vaud demande à être présent lors de la réception de ces installations de désenfumage avec preuve de performance.**

### 8.4. Exploitation du bâtiment

#### 8.4.1. Fonctionnement de l'installation de désenfumage

Les instructions relatives à la mise en fonction de l'installation de désenfumage (commandes, asservissements, ...) doivent être transmises à l'exploitant.

#### 8.4.2. *Contrôles périodiques*

Les installations de désenfumage doivent être entretenues conformément aux prescriptions afin de garantir un fonctionnement en tout temps. La fréquence des contrôles est fonction de la nature de l'installation ainsi que de l'affectation liée.

Les exigences relatives à la maintenance des installations d'extraction de fumée et de chaleur (p.ex. intervalles des contrôles internes / externes) doivent être transmises au propriétaire et/ou à l'exploitant.

#### 8.4.3. *Modifications de l'exploitation*

Les limitations éventuelles dans l'exploitation du bâtiment, qui seraient relatives à certaines hypothèses de calcul, doivent impérativement être transmises à l'exploitant et au propriétaire (par ex. aménagement devant des façades servant d'amenée d'air, ...).

Dans le cas où des modifications sont apportées à la construction de l'ouvrage, ou lorsque des changements surviennent dans l'activité, l'occupation, le type ou la quantité de combustible (p.ex. lors d'un changement de propriétaire), ou lorsque des travaux de rénovation ou de remaniement sont jugés significatifs, il convient que la satisfaction aux objectifs de protection soit réévaluée et que la documentation soit mise à jour en conséquence. Des assainissements peuvent s'avérer nécessaires.

Afin de garantir la conformité du concept de désenfumage mis en œuvre, une gestion continue de la sécurité incendie est nécessaire.

## **Annexe A : bibliographie**

- 1) Directive VSICC BT101-04, *Installations d'extraction de fumée et de chaleur – Partie 4 : Méthodes de dimensionnement des installations de désenfumage – Bases*, Société suisse des ingénieurs en technique du bâtiment, 2011
- 2) VDI 6019 Blatt 1, *Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden –Brandverläufe, Überprüfung der Wirksamkeit*, Verein Deutscher Ingenieure, 2006
- 3) VDI 6019 Blatt 2, *Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden –Ingenieurmethoden*, Verein Deutscher Ingenieure, 2007
- 4) vfdb TB 04-01, *Leitfaden Ingenieur des Brandschutzes – 3.Auflage*, Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes, 2013
- 5) SN EN 12101-2, *Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur – Partie 2: Spécifications relatives aux dispositifs d'évacuation naturelle des fumées et de chaleur*, 2003
- 6) ISO 23932, *Ingénierie de la sécurité incendie – Principes généraux*, 2009
- 7) Norme de protection incendie AEAI 1-15f, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2015
- 8) Directive de protection incendie AEAI 21-15f, *Installations d'extraction de fumée et de chaleur*, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2015
- 9) Note explicative de protection incendie AEAI 108-15f, *Garantie de l'état de fonctionnement des asservissements incendie (AI)*, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2015
- 10) Directive de protection incendie AEAI 19-15f, *Installations sprinklers*, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2015
- 11) Directives techniques SES, *Installations sprinklers – Conception, montage et fonctionnement*, Association Suisse des Constructeurs de Systèmes de Sécurité, 2015

## **Annexe B : check-liste de contrôle**

### **Généralités**

- Un concept de protection incendie est-il disponible ?
- Un schéma de principe de la géométrie étudiée est-il présenté dans le document ?
- Le document final est-il signé par le maître d'ouvrage et/ou l'exploitant ?
- Le concept de désenfumage prévu est-il plausible, cohérent avec le concept de protection incendie et les prescriptions applicables ?

### **Scénarios d'incendie**

- L'affectation, les charges, thermiques et dangers d'incendie sont-ils définis ?
- Les scénarios de feu (courbe de feu, localisation, produits de combustion, ...) retenus sont-ils représentatifs de l'affectation, des charges thermiques et dangers d'incendie définis ?

### **Objectifs de protection**

- Les objectifs de protection sont-ils concrétisés par des critères quantifiables ?
- Les critères retenus pour l'évaluation des objectifs de protection (durée, hauteur, visibilité, etc.) ont-ils été validés par l'autorité compétente ?

### **Hypothèses particulières**

- Les hypothèses principales pour la paramétrisation du modèle de calcul sont-elles explicitées ?
- Est-ce que les éléments mobiliers et immobiliers ainsi que les conditions environnementales (vent, températures, ventilation de confort, ...) ont été prises en compte dans les calculs de manière adaptée ?
- Les hypothèses principales relatives aux installations techniques (temps d'activation, incidence sur le scénario de feu, délai de déclenchement des asservissements, ...) sont-elles précisées et réalistes ?
- Les conditions aux limites sont-elles correctes ?

### **Méthodes et hypothèses de calcul**

- La méthode de calcul est-elle adaptée à l'objet étudié ?
- Les limites d'application du modèle de calcul utilisé sont-elles respectées ?
- Le modèle de calcul utilisé, son fabricant et la version utilisée sont-ils précisés ?

### **Preuve de désenfumage**

- L'installation de désenfumage prévue permet-elle de satisfaire aux objectifs de protection ?
- Les objectifs de protection sont-ils également satisfaits en cas de conditions météorologiques défavorables (mais plausibles) et/ou d'un feu de moindre intensité ?
- Les résultats des calculs sont-ils suffisamment et raisonnablement documentés ?
- Les sorties (outputs) du modèle sont-elles cohérentes avec les paramètres d'entrées (inputs) ?
- Les résultats des calculs sont-ils plausibles par rapport à l'objet étudié ?
- Les conclusions de l'étude sont-elles formulées de manière claire et univoque

### **Conception de l'installation de désenfumage**

- La résistance de l'installation aux sollicitations attendues (notamment thermiques et mécaniques) est-elle garantie ?
- Le fonctionnement de l'installation est-il garanti en tout temps, y compris en cas de coupure de courant ?
- Le dimensionnement de l'installation de désenfumage (amenées d'air/extraction de fumées, répartition, surfaces, volumes, débits, hauteurs, ...) est-il clairement décrit ?
- L'installation de désenfumage (amenées d'air et extractions de fumée) est-elle asservie à une installation technique (détection incendie ou sprinkler) ? Si non, un justificatif pertinent et accepté par l'autorité est-il fourni ?
- Le mode de mise en fonction de l'installation de désenfumage (asservissement collectif/sélectif, zonage, ...) est-il clairement défini ?
- Une matrice des asservissements incendie a-t-elle été établie ?