

Sécurité incendie

Ingénierie du désenfumage
relative à l'atrium du bâtiment
Pétriaux des Thermes d'Aix-
Les-Bains (73)

ADRESSE DE L'AFFAIRE

PLACE MAURICE MOLLARD 73100 AIX-LES-BAINS

OBJET DU DOCUMENT

NOTE DE DEFINITION DES SCENARIOS D'ETUDE

REDACTEUR

U. MATTEI

DATE : 2 MAI 2022

REVISION : A



Immeuble Le Valmy
18, avenue Léon Gaumont - 75020 Paris

SCCV DU SILLON ALPIN
137 RUE FRANCOIS GUISE
73000 CHAMBERY

T. +33 (0)1 44 73 14 61
www.lisi-ingenierie.fr

CA AS

Sommaire

NOTE LIMINAIRE	2
1. - CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	3
2. - PRESENTATION DU VOLUME D'ETUDE	4
2.1. - SOLUTION DE DESENFUMAGE	5
2.2. - EFFECTIFS ET CHEMINEMENTS D'EVACUATION	6
2.3. - MESURES COMPLEMENTAIRES AU DESENFUMAGE	6
3. - OBJECTIFS DE SECURITE ET CRITERES DE PERFORMANCE ASSOCIES	7
3.1. - OBJECTIFS DE SECURITE	7
3.2. - CRITERES DE PERFORMANCE.....	7
3.3. - GRANDEURS PHYSIQUES EXPLOITEES	8
4. - SCENARIOS DE FEU D'ETUDE	9
4.1. - RECENSEMENT DES ACTIVITES PREVUES ET IDENTIFICATION DES FOYERS POTENTIELS	9
4.2. - MISE EN ŒUVRE DU DESENFUMAGE	10
4.3. - SCENARIOS DE FEU PROPOSES	10
ANNEXE 1 - METHODE D'ANALYSE DE LA PERFORMANCE DES SOLUTIONS DE DESENFUMAGE	12

Sécurité incendie

OBJET DU DOCUMENT

NOTE DE DEFINITION DES SCENARIOS D'ETUDE

NOTE LIMINAIRE

La présente note s'inscrit dans le cadre de l'étude d'ingénierie du désenfumage relative aux Thermes à Aix-Les-Bains. Elle a pour objet la présentation des hypothèses et des scénarios d'étude que le LISI¹ propose, ainsi que la méthode employée pour les définir. À ce titre, elle répond aux exigences de l'article DF4 §2 du règlement de sécurité portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (dispositions relatives au désenfumage). Conformément aux exigences réglementaires, cette note est soumise pour avis à la Commission Départementale de Sécurité du département de la Savoie (73).

Après avis favorable de ladite commission, la phase suivante de l'ingénierie du désenfumage consistera à simuler numériquement les conditions dans le volume d'étude pour les scénarios validés. La performance du désenfumage sera alors établie. Cette seconde phase sera visée par une seconde note, elle-même soumise pour avis à la Commission Départementale de Sécurité du département de la Savoie (73).

(1) Organisme bénéficiant d'une reconnaissance de compétence par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles dans le domaine de l'ingénierie du désenfumage, pour l'application de l'article DF4 §2 du règlement de sécurité contre l'incendie dans les ERP (JORF n°0054 du 4 mars 2017, texte n°97).

DOCUMENTS DE REFERENCE

Les données relatives au projet sont tirées des documents suivants :

- [1] Plans « PC-PROG », documents Archipat, en date du 03 mars 2022
- [2] Plans « PC39-40 », documents Archipat, en date du 03 mars 2022
- [3] Notice de sécurité Etablissement Zone 2 « PETRIAUX - REVEL », en date de mai 2022

Les références suivantes sont également exploitées :

- [4] Conditions d'exercice de l'ingénierie du désenfumage établies par le Ministère de l'Intérieur, Courrier de la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises adressé au LISI, Référence 2021/13, Daté du 29 avril 2021
- [5] « Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage – Etablissement recevant du public », Laboratoire Central de la Préfecture de Police, Juillet 2017
- [6] J.M. Willi, G.P. Horn and D. Madrzykowski, "Characterizing a Firefighter's Immediate Thermal Environment in Live-Fire Training Scenarios", Fire Technology, 52, 1667–1696, 2016
- [7] Norme NF ISO 16733-1 « Ingénierie de la sécurité incendie – Sélection de scénarios d'incendie et de feux de dimensionnement – Partie 1 : sélection de scénarios d'incendie de dimensionnement », 3 mars 2016
- [8] R.P. Schiffliti, R L P. Custer and B.J. Meacham, Chapitre 40 "Design of Detection Systems", SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition, pages 1326 à 1329
- [9] R.L Alpert, Chapitre 14 "Ceiling Jet Flows", SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition, pages 431
- [10] « SFPE Handbook of fire protection engineering - Chapter 6 « Toxicity Assessment of Combustion Products – Figure 2.6.26 », 3^{ème} édition, 2002
- [11] « Instruction technique 246 relative au désenfumage des établissements recevant du public », arrêté du 22 mars 2004

1. - CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

La Société d'Aménagement de la Savoie (SAS) développe le projet de réhabilitation et d'extension des Thermes d'Aix-les-Bains dans le département de la Savoie (73). Ces Thermes ont une grande valeur patrimoniale. Le hall d'entrée, les deux cabines de luxe et les façades du bâtiment Pétriaux sont notamment inscrits au titre des monuments historiques.

Les Thermes sont constitués de deux bâtiments historiques : le bâtiment Pétriaux, en jaune sur la Figure 1, et le bâtiment Revel, en orange sur la Figure 1. Le bâtiment Pétriaux comprend deux niveaux en infrastructure (R-1 et R-2) et quatre niveaux en superstructure (RDC à R+3). Il est composé de plusieurs espaces distincts. Aux niveaux R-1 et R-2, se trouvent deux niveaux de parking. Ils sont repérés en vert sur la Figure 2. Au-dessus du bâtiment Pétriaux, le projet prévoit la construction de deux immeubles d'habitation. Ils sont repérés en violet sur la Figure 1 et la Figure 2.

Sur le plan de la sécurité, les niveaux R-1 à R+3 du bâtiment Pétriaux constitue un ERP de 1^{re} catégorie avec des activités de types M (espaces de vente), N (restauration), W (bureaux), Y (musée, exposition) et U (centre médical sans locaux à sommeil). Le parc de stationnement, les immeubles d'habitation et le centre commercial « Zone Piscine » constituent des tiers.

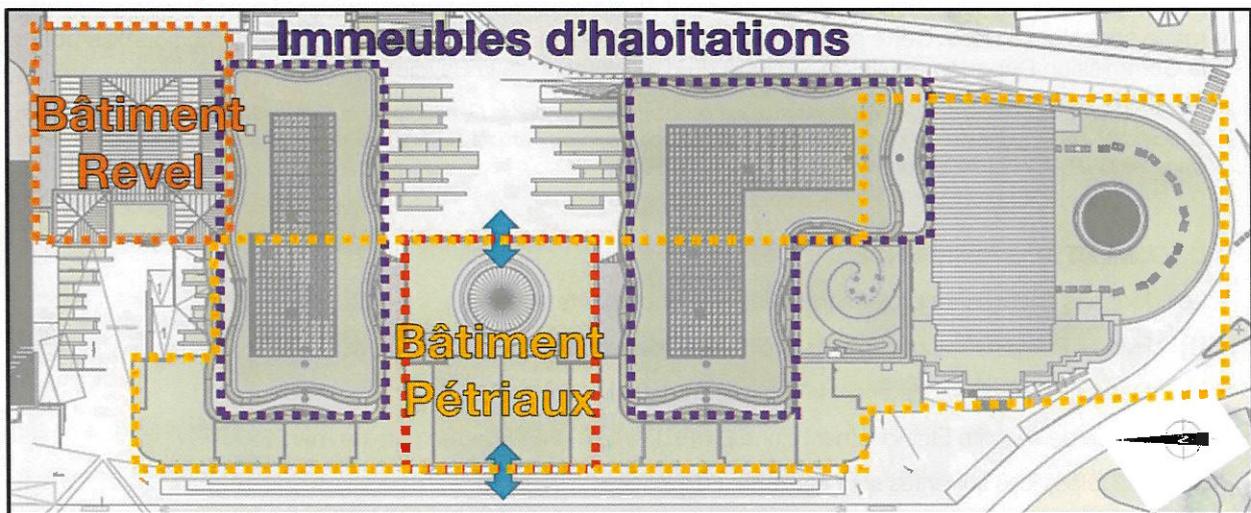


Figure 1 : Vue du dessus – Emprise des différents espaces

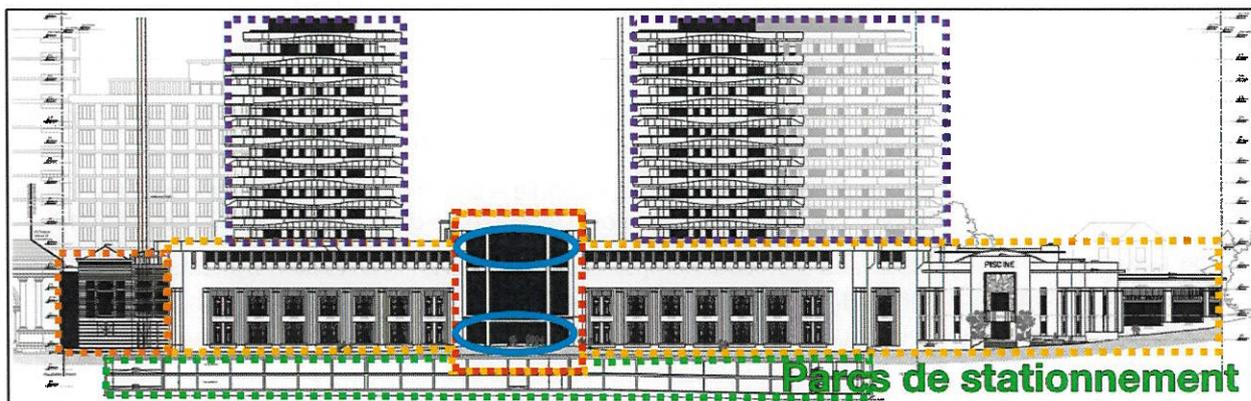


Figure 2 : Vue de la façade Ouest – Repérage des différents espaces

L'étude d'ingénierie concerne le grand volume du bâtiment Pétriaux, formant atrium. Cet atrium s'élève du niveau R-1 au niveau R+3. L'étude d'ingénierie du désenfumage consiste à déterminer les caractéristiques de la solution de désenfumage de cette rue de sorte de satisfaire les objectifs de sécurité fixés à l'article DF1 du règlement de sécurité. Cette étude est conduite en application de l'article DF4 §2 du règlement de sécurité portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (dispositions relatives au désenfumage).

2. - PRESENTATION DU VOLUME D'ETUDE

L'étude d'ingénierie concerne le grand volume du bâtiment Pétriaux, formant atrium. Cet atrium s'élève du niveau R-1 au niveau R+3, il constitue le volume d'étude. Il est repéré en rouge sur la Figure 1 et la Figure 2.

L'ensemble des niveaux de l'atrium est en communication permanente, par des trémies dans chacun des planchers. Le Tableau 1 donne les surfaces des planchers, celles des trémies ainsi que les hauteurs sous plafond à chacun des niveaux. Un escalier monumental dessert les niveaux R-1 à R+2. Les valeurs de surface de trémie du Tableau 1 ne prennent pas en compte la surface de la trémie occupée par l'escalier monumental mais uniquement les surfaces des trémies centrales. Comme le Tableau 1 le montre, la surface totale des trémies est relativement grande au regard de la surface des planchers.

Niveaux	Surface de plancher	Surface de trémie	Hauteur sous plafond
R-1	380 m ²	-	3,2 m
RDC	865 m ²	32 m ²	3,91 m
R+1	455 m ²	170 m ²	4 m / 7,2 m
R+2	483 m ²	100 m ²	2,8 m
R+3	360 m ²	100 m ²	2,8 m

Tableau 1 : Surface de plancher, de trémie et hauteur sous plafond des niveaux de l'atrium

L'atrium est en partie recouvert, sur une centaine de m², par une verrière présentant une valeur patrimoniale. Cette verrière se situe à l'aplomb des trémies mettant en communication les niveaux R-1 à R+3 (cf. Figure 3). La hauteur sous verrière, comptée depuis le plancher bas du R-1, est de 18,3 m.

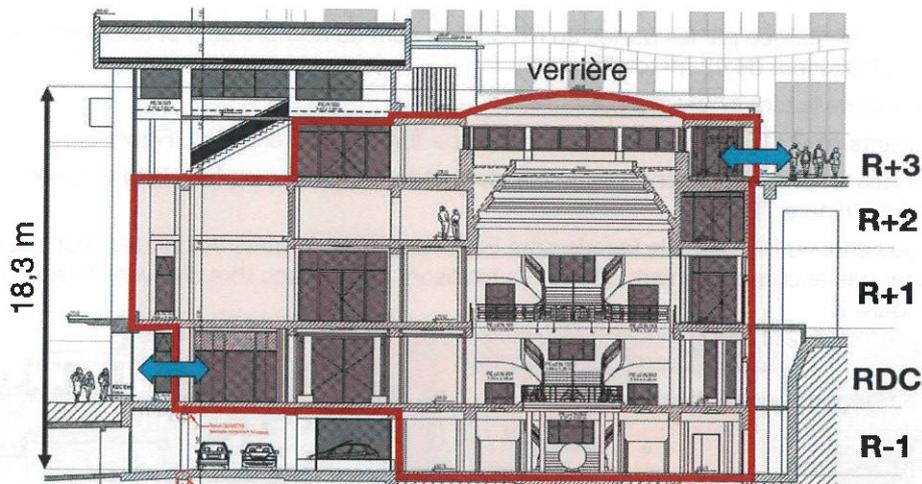


Figure 3 : Vue en coupe du volume d'étude

L'atrium comprend deux entrées principales donnant sur rue et sur deux façades opposées : la première se situe sur la façade OUEST et au RDC, la seconde sur la façade EST et au niveau le plus haut (R+3). Ces deux entrées sont entourées en bleu sur la Figure 2 et représentées par des flèches bleues sur la Figure 1 et la Figure 3. L'entrée au RDC est composée de cinq portes. La seconde, au R+3, est composée de trois portes.

L'atrium est composé majoritairement d'espaces de circulation, faisant office de passage à travers la ville et desservant aussi les différentes ailes du bâtiment Pétriaux et le bâtiment Revel. En effet, l'atrium constitue l'accès principal, en usage normal, pour gagner les différentes zones à chacun des niveaux. À chaque niveau, des portes permettent ainsi d'accéder dans les zones commerciales, de bureaux ou muséales situées au NORD et au SUD de l'atrium :

- Des espaces commerciaux et de restauration de niveau RDC à R+3 (zones numérotées de 1 à 3 et 9)
- Des espaces de bureaux du niveau RDC à R+3 haut (zones numérotées de 4 à 10)
- Des espaces d'expositions du niveau RDC à R+2 (zones numérotées 5 et 10)

Remarque : Les deux immeubles d'habitations superposés au bâtiment Pétriaux ne communiquent pas directement avec les Thermes.

En plus de constituer un espace de circulation, l'atrium comprend également dans son volume des zones d'activités : activités de restauration et d'exposition. La Figure 4 indique la position de ces activités sur les différents niveaux du volume d'étude, suivant leur typologie. En bleu se trouve la zone où des activités de type musée/exposition sont prévues. En jaune se trouve la zone de restauration. Et, les zones en rouges ne sont pas directement dans le volume d'étude, mais il est prévu que ces locaux où sont prévues des activités commerciales, soient partiellement et temporairement ouvert sur le volume d'étude.



Figure 4 : Vue en plan des niveaux – Implantation des zones d'activités comprises dans le volume d'étude

2.1. - SOLUTION DE DESENFUMAGE

Le volume d'étude forme un canton unique. Il est désenfumé naturellement. A ce stade du projet, la solution de désenfumage est composée :

- d'amenée d'air réalisée par les portes au RDC. Elles sont au nombre de 5 et totalisent une surface libre d'ouverture sur l'extérieur de 42 m² (cf. Figure 5)
- d'évacuation de la fumée réalisée par :
 - 2 ouvrants au R+1. Ils totalisent 4 m² de surface libre sur l'extérieur (cf. Figure 6) ;
 - les portes au R+3. Elles sont au nombre de 6 et totalisent une surface libre d'ouverture sur l'extérieur de 14 m² (cf. Figure 7) ;
 - des ouvrants au R+3 dans la façade côté EST, de part et d'autres des portes (leur position et leur nombre ne sont pas encore totalement définis). Ils totalisent une surface libre d'ouverture sur l'extérieur de 24,8 m² (cf. Figure 7).

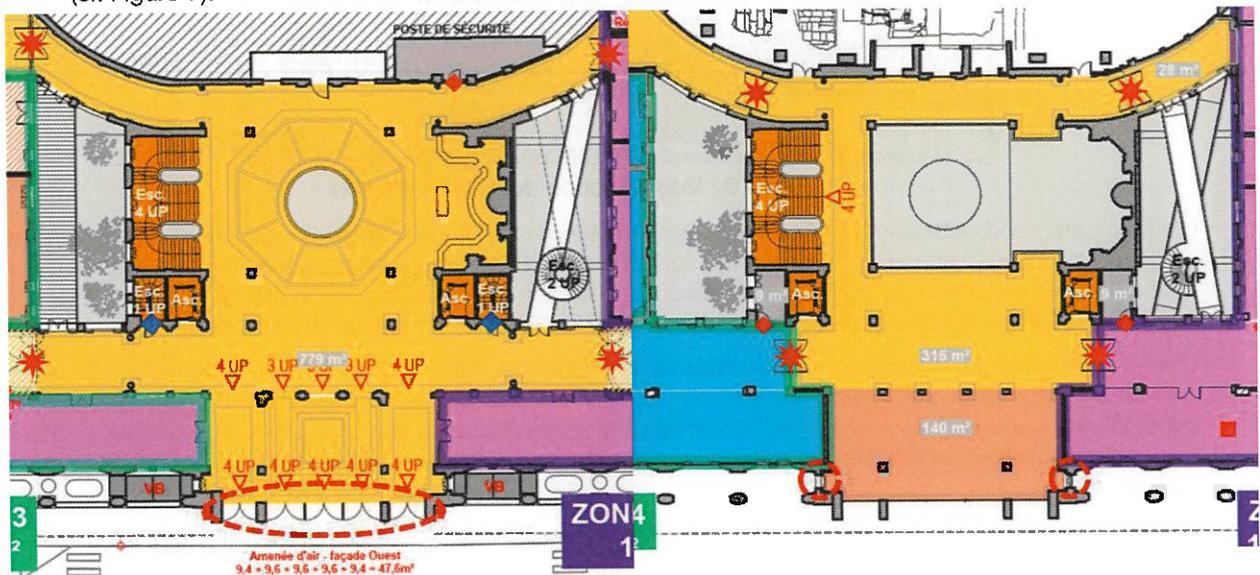


Figure 5 : Repérage des amenées d'air au RDC

Figure 6 : Repérage ouvertures au R+1

AS

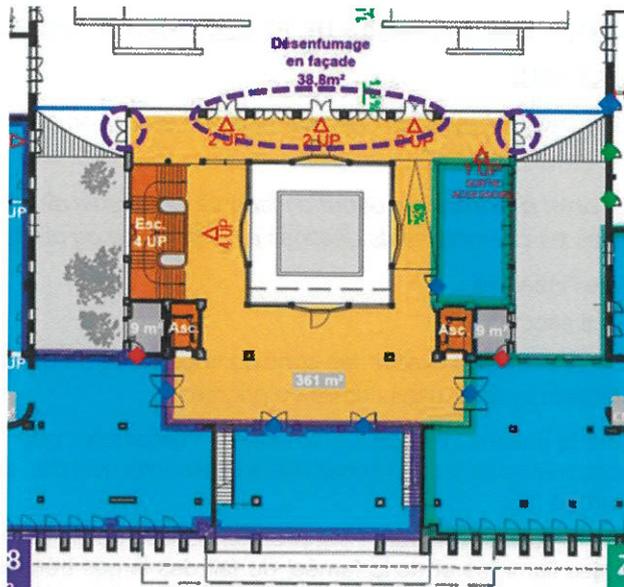


Figure 7 : Repérage des évacuations de fumées au R+3

Les portes servant à l'amenée d'air et à l'évacuation de la fumée sont ouvertes manuellement.

Les ouvrants des niveaux R+1 et R+3 servant à évacuer la fumée sont asservis à la DAI.

2.2. - EFFECTIFS ET CHEMINEMENTS D'EVACUATION

L'effectif réglementaire de l'ensemble du bâtiment Pétriaux (hors zone piscine qui constitue un tiers) et du bâtiment Revel est égal à 2334 personnes (dont 2026 au titre du public).

L'atrium est considéré dans sa quasi-totalité comme un espace de circulation, hormis au restaurant au R+1 qui comprend donc un effectif réglementaire de 105 personnes.

L'atrium possède des issues donnant sur l'extérieur au R+3 et au RDC.

Ensuite, l'atrium sert de dégagement réglementaire pour l'évacuation des niveaux RDC et R+1 des zones commerciales Pétriaux Nord et Sud.

2.3. - MESURES COMPLEMENTAIRES AU DESENFUMAGE

Le bâtiment Pétriaux est équipé d'un Système de Sécurité Incendie (SSI) de catégorie A avec alarme de type 1. Il constitue une seule zone d'alarme. Des détecteurs automatiques d'incendie sont installés dans les espaces de circulation de l'atrium ainsi que dans les zones d'activités.

L'établissement dispose d'un poste central de sécurité composé d'un agent présent lors des horaires d'ouverture de l'ERP. En dehors des heures d'ouverture, un report à une société de gardiennage est réalisé. Le PCS est situé au RDC, dans l'atrium.

L'atrium constitue une zone d'alarme avec les bureaux du R+3.

3. - OBJECTIFS DE SECURITE ET CRITERES DE PERFORMANCE ASSOCIES

3.1. - OBJECTIFS DE SECURITE

L'article DF1 (arrêté du 22 mars 2004 relatif au désenfumage des établissements recevant du public), définit l'objet du désenfumage :

« *Le désenfumage a pour objet d'extraire, en début d'incendie, une partie des fumées et des gaz de combustion afin de maintenir praticables les cheminements destinés à l'évacuation du public. Il peut concourir également à :*

- limiter la propagation de l'incendie ;
- faciliter l'intervention des secours. »

L'ingénierie du désenfumage permet d'évaluer les conditions globales de danger sur les personnes. Les cibles auxquelles nous nous intéressons sont, dans l'ordre de priorité :

- Le public présent dans le volume d'étude ou amenée à l'emprunter pour évacuer. Du fait de l'activité de l'établissement, le public n'est pas ou peu sensibilisé à la sécurité incendie, aux moyens et procédures mis en œuvre en cas de départ de feu.

Si un feu démarre dans le volume d'étude, il est probable que le public présent dans le volume d'étude s'en rende compte (vision des flammes et de la fumée) du fait des larges trémies en communication. Ainsi, il est probable que ces personnes aient connaissance rapidement de l'occurrence du feu, ce qui est favorable à un début d'évacuation précoce.

En revanche, les personnes présentes dans les locaux adjacents peuvent ne pas déceler l'occurrence du feu à partir d'indices visuels, sonores ou olfactifs. Ainsi, il est probable que l'évacuation de ces personnes ne débute qu'à la diffusion de l'alarme générale. Il y a des locaux adjacents au volume d'étude à tous les niveaux (R-1 à R+3). L'ensemble de ces espaces possèdent cependant des issues permettant de sortir du bâtiment sans repasser par le volume d'étude.

Cependant, les accès au RDC et au R+1 de par les zones commerciales Pétriaux Nord et Sud sont considérés comme des dégagements réglementaires.

En conséquence, la solution de désenfumage de l'atrium doit permettre d'assurer des conditions compatibles avec l'évacuation au RDC et au R+1 pendant toute la durée de l'évacuation.

- Les secours lors de leur intervention. Ils connaissent en général les lieux. Ils sont formés à la lutte contre le feu. Ils sont de plus équipés de matériel permettant une intervention dans des conditions thermiques et toxiques bien supérieures à celles du public.

3.2. - CRITERES DE PERFORMANCE

Le chapitre 8 de l'Instruction Technique n°246 (IT 246) relative au désenfumage précise les conditions de l'atteinte du premier objectif de sécurité : « *Les cheminements sont considérés comme praticables par exemple lorsque les conditions suivantes sont satisfaites :*

- la hauteur libre de fumée est suffisante (cette hauteur est au moins égale à la moitié de la hauteur de référence ; elle est toujours plus haute que le linteau des portes et jamais inférieure à 1,80 m) ;
- le flux de chaleur reçu par les personnes est supportable ».

Pour le public et le personnel, la performance de la solution de désenfumage est évaluée à partir des critères quantitatifs suivants qui servent de repères à la criticité des conditions d'évacuation pour des personnes dénuées d'équipement de protection. Ils sont repris du chapitre 8 de l'IT 246 et de la référence [4] :

- S'il existe une couche de fumée, alors la hauteur libre de fumée doit être supérieure à 1,80 m [IT246] et la densité de flux de chaleur reçu par les personnes circulant sous cette couche de fumée inférieure à 2 kW/m² [4]. Si la hauteur libre est inférieure et la densité de flux est supérieure alors les conditions deviennent contraignantes.
- Si de la fumée est présente à hauteur, alors une température de 40°C et une valeur du coefficient d'extinction de la lumière au travers de la fumée de 0,4 m⁻¹ constituent un seuil de criticité [4].

Pour les pompiers, on retient les repères de criticité qui figurent dans les références [4] et [6] :

- S'il existe une couche de fumée, alors le flux de chaleur reçu par les pompiers circulant sous la couche de fumée doit être inférieur à 5,0 kW/m².



- Si la température à hauteur d'homme est inférieure à 100°C, les conditions sont acceptables. Si elle est supérieure, alors les conditions d'intervention des pompiers deviennent contraignantes.

3.3. - GRANDEURS PHYSIQUES EXPLOITEES

La performance de la solution de désenfumage est évaluée en exploitant les grandeurs physiques associées aux critères quantitatifs. Ces grandeurs caractérisent l'enfumage et les conditions. Elles sont calculées par le logiciel FDS dans sa version 6.6 :

- Le champ horizontal du coefficient d'extinction à 2 m (hauteur d'homme) au-dessus des niveaux du volume d'étude. Cette grandeur caractérise l'enfumage. Une valeur nulle du coefficient d'extinction indique un espace libre de fumée.
- Le champ vertical du coefficient d'extinction dans un plan longitudinal. Il permet de quantifier, si elle existe, la hauteur libre de fumée.
- Le champ horizontal (à la même cote) et vertical (à la même section) de la température de l'environnement. Ils caractérisent les conditions thermiques. Plus la température à hauteur d'homme reste proche de la valeur de la température initiale, meilleures sont les conditions.

4. - SCENARIOS DE FEU D'ETUDE

Il s'agit ci-après d'identifier les foyers potentiels susceptibles de conduire à des situations probables et contraignantes de par leur nature et leur position.

Les foyers les plus contraignants du point de vue de la sévérité du feu et de l'enfumage sont ceux pour lesquels :

- Le niveau où se trouve le foyer est le plus bas. De façon générale, le volume de fumée est d'autant plus important que la distance entre le foyer et le plafond est grande. Ainsi, un même foyer situé au RDC conduit à un volume de fumée plus grand que s'il est situé au niveau R+1 etc...
- Un obstacle est présent dans l'axe du panache. Un obstacle conduit à augmenter la surface du panache et par conséquent le volume de fumée. Ainsi, un feu présent sous un plancher est plus contraignant qu'un feu à l'aplomb d'une trémie.
- L'emprise au sol du foyer est étendue. Plus l'emprise au sol est grande, plus le feu est puissant et plus l'enfumage est important.

4.1. - RECENSEMENT DES ACTIVITES PREVUES ET IDENTIFICATION DES FOYERS POTENTIELS

Un feu démarre, il concerne un objet (il est localisé). De la fumée est produite, elle s'élève au-dessus de l'objet en feu. Sans action de lutte contre le feu, le feu se développe. La surface en pyrolyse s'étend et la puissance du feu augmente. Le panache de fumée impacte le plafond. La fumée s'écoule sous celui-ci jusqu'à rencontrer un obstacle (murs). Une couche de fumée se forme, la fumée remplit le volume.

Sans action de lutte contre le feu, le feu s'étend de proche en proche. La question qui se pose alors est : comment choisir les feux d'étude ? Si on ne considère pas d'action de lutte contre le feu, le scénario doit nécessairement impliquer un feu puissant mais quelle puissance retenir ? Une partie de la réponse est donnée par l'article DF1 du règlement de sécurité : « Le désenfumage a pour objet d'extraire, en début d'incendie, une partie des fumées et des gaz de combustion... ». Il faut un certain temps pour que le foyer primaire atteigne une puissance suffisante pour entraîner l'allumage d'un second foyer par rayonnement thermique ou que le feu se développe et s'étende de proche en proche. Le courrier du Ministère de l'Intérieur complète la réponse [4]. Selon le caractère de l'exploitation, il est demandé de retenir les feux introduits en annexe de la référence [5] pour déterminer les caractéristiques du désenfumage. Autrement formulé, il est établi des feux types par activité pour lesquels on attend que le désenfumage soit performant. Ces feux définissent la cinétique de développement, la puissance maximale du feu et la réaction de combustion.

Le Guide du LOPP amène à retenir :

- le feu n°2 du Guide pour les activités de type N et Y. Dans le cas présent, cela conduit à retenir ce feu n°2 pour le restaurant situé au niveau R+1 de l'atrium et pour les activités de type musée au RDC.
- le feu n°4 du Guide pour les activités de type M. Dans le cas présent, cela conduit à retenir ce feu n°4 dans un des commerces au RDC en considérant un bris de vitrage côté atrium et côté extérieur, ces parois étant en verres et n'ayant pas de degré de résistance au feu.

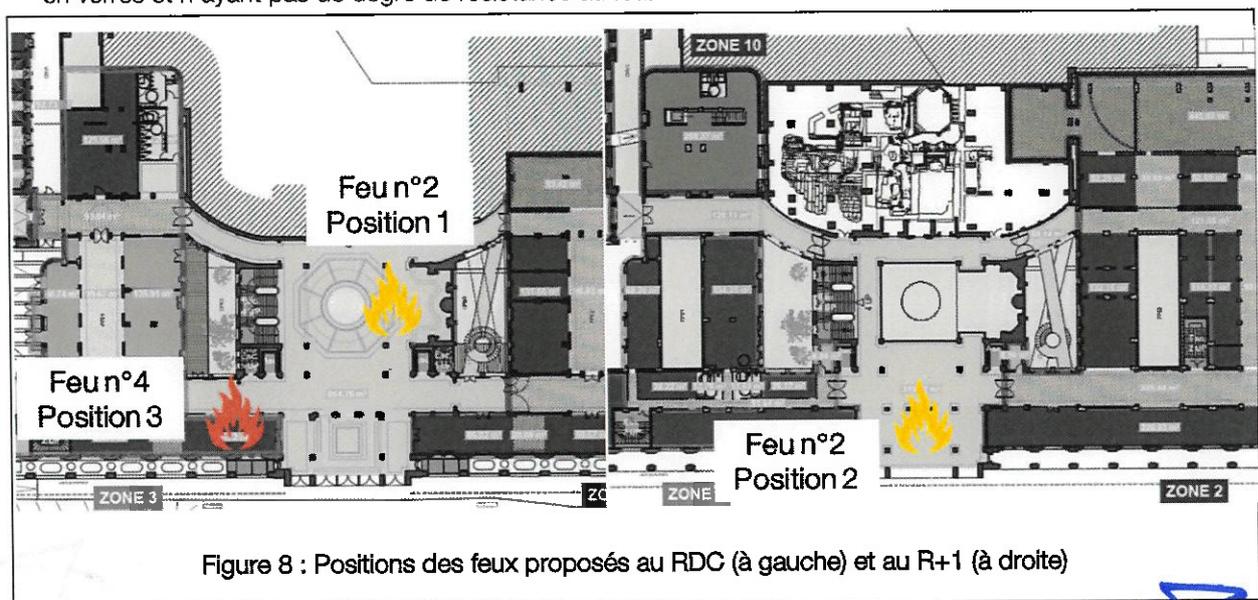


Figure 8 : Positions des feux proposés au RDC (à gauche) et au R+1 (à droite)

Remarques sur la caractérisation de la toxicité de la fumée

En plus des effets thermiques et de la perte de visibilité, le danger du feu pour les personnes provient de leur intoxication par les effluents du feu. Cette intoxication peut conduire à des troubles du comportement et à une altération des capacités de jugement, elle peut mener à une incapacitation ou à la mort. **Aucun critère traduisant cette intoxication n'est pourtant proposé.** La raison est que l'évaluation précise de la toxicité d'un mélange gazeux complexe et plus ou moins chaud à partir de la connaissance de la composition et de la température n'est pas envisageable à ce jour.

Si l'on peut espérer connaître la quantité et le type de mobiliers envisagés dans certains ERP dans son exploitation permanente, la connaissance précise des matériaux constitutifs de ces mobiliers et des foyers potentiels en exploitation temporaire semble hors de portée. Également, si l'on peut évaluer approximativement les conséquences sur une personne d'une espèce chimique en fonction de la durée d'exposition, il est par contre très difficile de quantifier précisément l'effet global de plusieurs espèces chimiques agissant de façon concomitante et dont la proportion évolue dans l'espace et au cours du temps. **En conséquence, la production en produits toxiques n'est pas définie précisément dans les scénarios.**

On examine les conditions d'enfumage et les conditions thermiques pendant 20 min, soit une durée couvrant l'évacuation des personnes et le début de l'intervention des pompiers.

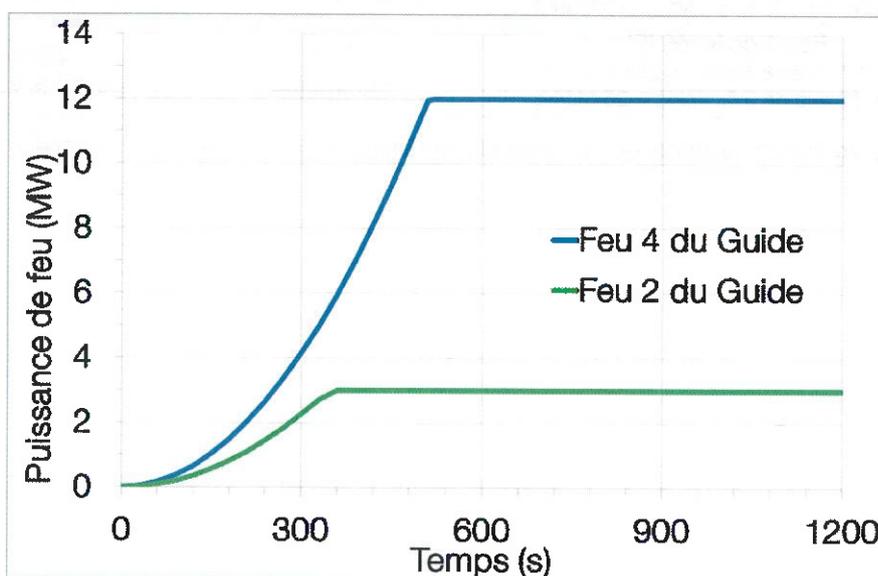


Figure 9 : Évolution de la puissance des feux proposés

4.2. - MISE EN ŒUVRE DU DESENFUMAGE

Le projet prévoit la mise en œuvre automatique et sans temporisation des dispositifs d'évacuation de fumée commandées automatiquement, après la sollicitation d'un détecteur de fumée dans le volume d'étude.

Compte-tenu que les portes au RDC et au R+3 sont des dégagements en cas d'évacuation, on considère que les personnes amenées à évacuer ouvrent ces portes manuellement. Au regard de la proximité des portes (dans le volume d'étude), on considère que les portes du RDC et du R+3 sont ouvertes 6 min après le début du feu, soit un délai pessimiste intégrant le délai de détection par un système technique (DAI) puis la durée maximale pour le déclenchement de l'alarme générale associée à la levée de doute.

4.3. - SCENARIOS DE FEU PROPOSES

6 scénarios sont proposés. Ils sont numérotés de 1 à 6. Les 3 premiers scénarios intègrent une ouverture tardive des éléments manuels (portes) servant au désenfumage. Les 3 scénarios suivants (4 à 6) considèrent une ouverture précoce des éléments manuels servant au désenfumage. Ils permettent d'évaluer l'impact de l'ouverture tardive ou précoce des éléments servant au désenfumage.

Le tableau suivant précise les caractéristiques de chaque scénario. Pour chaque scénario d'étude, la Figure 8 précise la position des feux et la Figure 9 l'évolution temporelle des puissances de feu.

Sc.	Foyer mis en jeu	Position du foyer	Mise en œuvre du désenfumage
1	Feu 2 de la réf. [2] 3 MW après 6 min ; surface 9 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	RDC zone musée/exposition	portes à 6 minutes ouvrants asservis à 1 minute
2	Feu 2 de la réf. [2] 3 MW après 6 min ; surface 9 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	R+1 zone restauration	portes à 6 minutes ouvrants asservis à 1 minute
3	Feu 4 de la réf. [2] 12 MW après 8,5 min ; surface 40 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	RDC commerce	portes à 6 minutes ouvrants asservis à 1 minute
4	Feu 2 de la réf. [2] 3 MW après 6 min ; surface 9 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	RDC zone musée/exposition	portes à 1 minute ouvrants asservis à 1 minute
5	Feu 2 de la réf. [2] 3 MW après 6 min ; surface 9 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	R+1 zone restauration	portes à 1 minute ouvrants asservis à 1 minute
6	Feu 4 de la réf. [2] 12 MW après 8,5 min ; surface 40 m ² Taux de suie de 5 % ; ΔHc = 25 MJ/kg	RDC commerce	portes à 1 minute ouvrants asservis à 1 minute

Pour tous les scénarios, la température ambiante est identique à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, elle est égale à 20°C.



ANNEXE 1 - METHODE D'ANALYSE DE LA PERFORMANCE DES SOLUTIONS DE DESENFUMAGE

La mission confiée au LISI consiste à évaluer la performance de deux solutions de désenfumage. Pour cela, le LISI s'appuie sur une méthode que ce chapitre présente dans le but de faciliter la compréhension, d'une part de l'analyse de la performance et d'autre part de l'analyse du caractère acceptable de la performance.

Pour évaluer (produire pour la maîtrise d'œuvre la solution de désenfumage), le LISI procède en simulant le développement du feu et le mouvement de la fumée. La simulation est réalisée en utilisant le plus souvent des logiciels sophistiqués (FDS en particulier). Ces logiciels de simulation doivent être mis en scène dans des scénarios de feu dont les caractéristiques sont supposées garantir une bonne représentation de l'usage des bâtiments. Il faut souligner que l'élaboration du scénario reste le « maillon faible » de la démarche de simulation. En effet, si le scénario permet de simuler une classe particulière d'usage, il en écarte d'autres dont la prise en compte pourrait modifier les recommandations de conception. L'ingénieur doit trancher. Combien de scénarios faut-il jouer ? Quelle est la représentativité des scénarios qu'il a imaginés ? Comment créer un scénario qui puisse rendre compte d'une activité future, aux contours encore incertains ?

Néanmoins, la simulation reste un outil puissant dans la démarche d'ingénierie de la sécurité incendie, car elle permet de rassembler les acteurs concernés par la conception d'une solution et plus largement par la sécurité autour d'un « objet référentiel commun » (les données du scénario et les résultats de la simulation) sur la base duquel ils peuvent confronter leurs points de vue, faire valoir leurs contraintes, expliciter des éléments qui n'auraient pas été saisis au cours de la phase d'analyse préliminaire de risque et enfin converger collectivement vers la solution.

Cette dimension participative de la démarche de simulation est pour le LISI au cœur de la production des meilleures solutions. La méthode d'analyse de la performance du LISI en ingénierie du désenfumage s'inscrit dans cette volonté (nécessité) d'une démarche participative entre tous les acteurs de la sécurité.

La méthode d'analyse de la performance repose sur les quatre repères suivants :

- **Les hypothèses qui sous-tendent le dimensionnement d'une installation de désenfumage selon l'IT246** relative au dimensionnement des installations de désenfumage des ERP. Elles cadrent l'évaluation quantitative de la performance de la solution de désenfumage.

Une installation de désenfumage naturelle d'un ERP, depuis la première instruction technique 246 de 1982, est dimensionnée selon l'importance prévisible des foyers, ces derniers étant définis par une surface de feu et donc par une puissance que l'on peut poser maximale. En ingénierie du désenfumage, une installation de désenfumage se doit donc d'être évaluée sur sa capacité à évacuer fumées et chaleur au plus fort du développement du feu, soit durant sa phase dite stationnaire.

La performance de chacune des trois solutions de désenfumage du bâtiment est donc évaluée durant la phase stationnaire des foyers d'étude.

Grâce, aujourd'hui, au recours à la simulation dynamique de l'enfumage, il devient possible d'évaluer les conditions d'enfumage avant et au tout début de sa mise en route. Il est donc possible de définir la meilleure stratégie de la mise en route de la solution. Peut-on conserver une commande manuelle du désenfumage ou est-il préférable d'asservir sa mise en route dès la DAI ? Peut-on conserver une diffusion de l'alarme générale après le délai maximal de levée de doute ou est-il préférable de le diminuer ?

Grâce, aujourd'hui, aux logiciels de simulation dynamique de l'évacuation, il devient possible d'évaluer les conditions d'évacuation des personnes présentes à l'intérieur de chacun des ERP, voire de toutes les personnes présentes dans le bâtiment. Pour cela le logiciel Pathfinder sera utilisé. Les résultats des calculs apporteront des informations utiles à l'évaluation des stratégies de désenfumage et de sécurité proposées par la maîtrise d'ouvrage. Ils contribueront avec l'évaluation des conditions d'enfumage à décider du caractère acceptable de la solution.

- **Les activités sur les niveaux et le recours à une approche déterministe d'une étude de danger.**

Un recensement des mobiliers et équipements sur les niveaux conduit à justifier les foyers d'étude, à définir des scénarios de dimensionnement qui se veulent représentatifs de l'usage et contraignants vis-à-vis du contrôle de l'enfumage.

Il existe donc de nombreux feux possibles dont les caractéristiques (géométrie, dimensions, répartition, matériaux...) conduisent à des conditions thermiques et d'enfumage très variables.

Les études d'ingénierie du désenfumage reposent sur une approche déterministe d'analyse. L'analyse est donc conduite sur la base de quelques scénarios de feu d'étude.

Il n'est donc pas possible d'étudier, par la simulation, tous les feux possibles.

■ **Les mesures architecturales, constructives, techniques et organisationnelles complémentaires au désenfumage qui avec le désenfumage définissent le niveau de sécurité des ERP et de l'ensemble du bâtiment.**

Avec la performance de la solution de désenfumage, les mesures complémentaires constituent des mesures importantes pour la sécurité du public. Ensemble, elles définissent le risque, le niveau de sécurité du bâtiment et *in fine*, le caractère acceptable de la performance de la solution de désenfumage.

S'agissant d'un établissement existant, le retour d'expérience de l'organisation de la sécurité incendie du responsable unique de sécurité constitue un atout potentiel en matière de mise en sécurité de l'immeuble.

■ **L'analyse suivant le strict respect de critères d'acceptabilité.** Les tentatives pour fixer les valeurs optimales et les limites au-delà desquelles on considère qu'il y a danger pour les individus rencontrent à vrai dire une certaine réticence au LISI qui craint qu'une telle pratique n'incite les ingénieurs en SI à se satisfaire de respecter, fût-ce de très peu, les limites fixées et à renoncer à une analyse plus complète, plus spécifique et plus pertinente de la sécurité des personnes des établissements.

Une analyse du niveau d'enfumage spatiale et relative est préférée à une analyse quantitative basée sur le strict respect de critères d'acceptabilité pour deux raisons principales.

- Premièrement les valeurs limites au-delà desquelles on considère qu'il y a danger ne font pas l'unanimité. Les écarts sont significatifs comme le montre la référence: « *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition, "Chapter 61 - Visibility and Human Behavior in Fire Smoke", pages 2193-2198, SFPE 2016* ».
- Deuxièmement la représentativité du scénario de feu reste discutable. D'autres feux représentatifs, aux caractéristiques différentes sont possibles mais ils ne sont pas étudiés.

L'analyse quantitative des résultats des simulations doit donc nécessairement être complétée d'une analyse qualitative des résultats au vu des incertitudes sur les critères de performance et du grand nombre de feux représentatifs possibles. L'analyse qualitative est alors, pour les raisons évoquées ci-avant, discutable. Elle est (doit) donc discutée avec tous les acteurs de la sécurité.

L'analyse des résultats consiste à répondre à des questions. Le niveau est-il uniformément enfumé ? Le niveau d'enfumage varie-t-il beaucoup spatialement sur le niveau ? est-il localement enfumé ? partiellement enfumé ? totalement enfumé ? le niveau d'enfumage varie-t-il avec la position du foyer ? Est-il possible pour le public de s'éloigner du feu ? Les signes du feu sont-ils visibles du public ?...

L'analyse quantitative et qualitative de l'enfumage, l'analyse qualitative des mesures architecturales, constructives, techniques et organisationnelles de l'immeuble, l'analyse qualitative et quantitative de l'évacuation du bâtiment permettent de décider du caractère acceptable de la solution de désenfumage.