

Référence : 21-000870-ASU

**Affaire : 21-000038-NA**

## **ÉTUDE DE MODE DE RUINE DU HANGAR DE MAINTENANCE DE L'AEROPORT DE CHATEAUROUX-CENTRE (36)**

---

### **RAPPORT FINAL**

<b>Client demandeur</b>	ALPHARE-FASIS SAS
<b>Référence et date de commande</b>	22/03/2021, 21RE022
<b>Projet</b>	Hangar de maintenance de l'aéroport de Châteauroux centre

Date : 16/07/2021  
Indice de révision : A  
Nombre de pages : 31

**Auteur(s) :**  
Maxime RAPENNE  
Georges ROUFAEL  
Xavier DUPONCHEL (structure)

## SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	16/07/2021	Version initiale

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Documents de référence .....</b>	<b>5</b>
2.1.Réglementation et guides.....	5
2.2.Document fournis par le client .....	5
2.3.Autres documents.....	5
<b>3. Description de l'ouvrage étudié.....</b>	<b>6</b>
3.1.Description générale.....	6
3.2.Présentation de la structure du bâtiment.....	6
3.3.Description du désenfumage.....	7
3.4.Extinction automatique Incendie .....	7
<b>4. Objectifs de sécurité et méthodologie générale.....</b>	<b>8</b>
4.1.Objectifs de sécurité .....	8
4.2.Méthodologie de l'étude .....	8
4.2.1.Etape 1 : Analyse des documents .....	8
4.2.2.Etape 2 : Analyse du risque incendie et définitions des scénarios incendie pénalisants.....	8
4.2.3.Etape 3 : Quantification des sollicitations thermiques sur les éléments de structure pour ces scénarios.....	9
4.2.3.1. Phase n°1 : Développement des incendies.....	9
4.2.3.2. Phase n°2 : Echauffement des éléments de structures .....	9
4.2.4.Etape 4 : Analyse du comportement au feu et stabilité au feu de la structure .....	9
<b>5. Analyse du risque incendie et définitions du scénario incendie.....</b>	<b>10</b>
5.1.Sélection du scénario incendie.....	10
5.2.Feux de nappe.....	13
5.3.Feu d'avion A320.....	14
5.4.Synthèse de la chronologie des actions.....	15
<b>6. Hypothèse de calcul .....</b>	<b>16</b>
6.1.Code de calcul.....	16
6.2.Modèle géométrique.....	16
6.3.Autres hypothèses.....	17
<b>7. Résultats .....</b>	<b>18</b>
7.1.Préambule .....	18
7.2.Température .....	18
7.3.Flux thermique.....	19
<b>8. Etude de comportement au feu des portiques principaux.....</b>	<b>22</b>
8.1.Modes de ruine possible et schéma statique de la structure .....	22
8.2.Hypothèses de calculs pour le transfert thermique .....	23
8.3.Matériaux .....	23
8.4.Sections des profilés étudiés.....	24
8.5.Scénario pris en compte.....	26
8.6.Calculs de transfert thermique .....	26
8.6.1.Poteaux PRS_600x40_1920x50 (H < 3 m) .....	27
8.6.2.Poutres (H > 29 m) .....	28
8.6.3.Pannes (HEA 220).....	30
8.6.4.Analyse des résultats .....	30
<b>9. Conclusion et examen des exigences.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUCTION

---

L'aéroport Marcel-Dassault situé à Châteauroux-Déols (Indre, 36) construit actuellement un hangar de 8 400m<sup>2</sup> sur son site.

Ce hangar était à l'origine destiné au stationnement d'avions mais il est désormais souhaité de le convertir en atelier de maintenance. Cette modification entrainera un changement de classification du bâtiment qui sera soumis à enregistrement au titre de la rubrique 2930 des Installations Classées Pour l'Environnement intitulée « Ateliers de réparation et d'entretien de véhicules et engins à moteur » [1].

Dans le cadre de ce changement de catégorie, une étude de la ruine du bâtiment est requise par la DREAL afin d'estimer le temps de ruine et de s'assurer que la structure ne s'effondre pas sur la voie engin obstruant ainsi son fonctionnement et perturbant l'intervention des services de secours (III.2 de l'Arrêté du 12 mai 2020 [1]).

La société ALPHARE-FASIS SAS a donc sollicité Efectis pour la réalisation de calculs thermomécaniques visant à justifier l'exigence de non-ruine du bâtiment vers l'extérieur, en lien avec l'arrêté 2930 applicable (arrêté du 12 mai 2020 [1]).

Ainsi, Efectis se propose de vérifier ces exigences au travers de la présente étude d'ingénierie incendie dont les hypothèses et résultats sont présentés dans ce rapport.



## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

### 2.1. REGLEMENTATION ET GUIDES

- [1] Arrêté du 12 mai 2020 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2930 (Ateliers de réparation et d'entretien de véhicules et engins à moteur, y compris les activités de carrosserie et de tôlerie) de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- [2] SPFE Handbook of Fire Protection Engineering – Fifth edition – 2016
- [3] Ensemble des Eurocodes et leurs Annexes Nationales Françaises (AN), en particulier :
  - a. Eurocode 0 Eurocodes structuraux - Base de calcul des structures, Mars 2003 + AN, Décembre 2011 + Amendement A1, juillet 2006 + AN de A1, Décembre 2007 ;
  - b. Eurocode 1 Partie 1-1 : Actions sur les structures - Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments, Mars 2003 + AN, Juin 2004 + Amendement A1, Mars 2009 ;
  - c. Eurocode 1 Partie 1-2 : Actions sur les structures - Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu, Juillet 2003 + AN, Février 2007 ;
  - d. Eurocode 1 Partie 1-3 : Actions sur les structures - Actions générales - Charges de neige, Avril 2004 + ANF, Mars 2008 + Amendement A1, Octobre 2015 ;
  - e. Eurocode 1 Partie 1-4 : Actions sur les structures - Actions générales - Actions du vent, Novembre 2005 + ANF, Mai 2007 + Amendement A1, Octobre 2010 ;
  - f. Eurocode 3 Partie 1-1 : Calcul de structures en acier - Règles générales et règles pour les bâtiments, Octobre 2005 + AN, Août 2013 ;
  - g. Eurocode 3 Partie 1-2 : Calcul de structures en acier - Règles générales - Calcul du comportement au feu, Novembre 2005 + AN, Octobre 2007 ;
- [4] 20\_2316\_Evaluation\_flux\_thermiques\_rev2, Rapport d'étude par Alphare-Fasis
- [5] User's manual for SAFIR 2016. A computer program for analysis of structures subjected to fire by J.M. Franssen
- [6] Documentation Fire Dynamics Simulator (version 6 - NIST) :
  - User's Guide. K. B. McGrattan, McDermott, S. Hostikka, J. Floyd (special publication 1019-5, 2011)
  - Technical Reference Guide - Volume 2: Verification Guide. K. B. McGrattan, H. R. Baum, R. G. Rehm, G. P. Forney, J. E. Floyd, K. Prasad, and S. Hostikka (Technical Report NISTIR 6783, 2007)
- [7] Technical Reference Guide -Volume 3: Validation. K. B. McGrattan, H. R. Baum, R. G. Rehm, W. Mell, R. McDermott, S. Hostikka (special publication 1018-5, 2010)

### 2.2. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

- [8] Fichier Excel « 18\_010\_CHT\_Configurations avion » listant les configurations de stationnement des avions dans l'état projeté du hangar, ainsi que les quantités de carburant associées
- [9] Plans des différentes configurations de stationnement des avions dans l'état projeté du hangar :
  - AR103 – Configuration 4x A320
  - AR105 – Configuration Long Range A380
  - AR125 – 2xA321 + A330-300
  - AR126 – Plan RDC\_3xA321 + A300-600

CHA\_DCE\_ARC\_TT\_HA\_ELV\_AR03-1\_0\_Façade NORD.pdf  
CHA\_DCE\_ARC\_TT\_HA\_ELV\_AR03-4\_A-Façade OUEST.pdf  
CHA\_DCE\_ARC\_TT\_HA\_ELV\_AR03-3\_A-Façade EST.pdf  
CHA\_DCE\_ARC\_TT\_HA\_ELV\_AR03-2\_A-Façade SUD.pdf  
CHA\_DCE\_TCE\_TN\_HA\_CCTP\_15\_A-PORTES DE HANGAR.pdf  
CHA\_DCE\_ARC\_TT\_HA\_PLN\_AR02\_A-Plan de toiture.pdf
- [10] CHT\_HA--\_TN--\_EXE\_REN\_11-\_NC--\_0001\_C\_hypothèses.pdf

### 2.3. AUTRES DOCUMENTS

- [11] 21-000928b-MRP-Document de scénario - (Aff. 21-000038-BO)

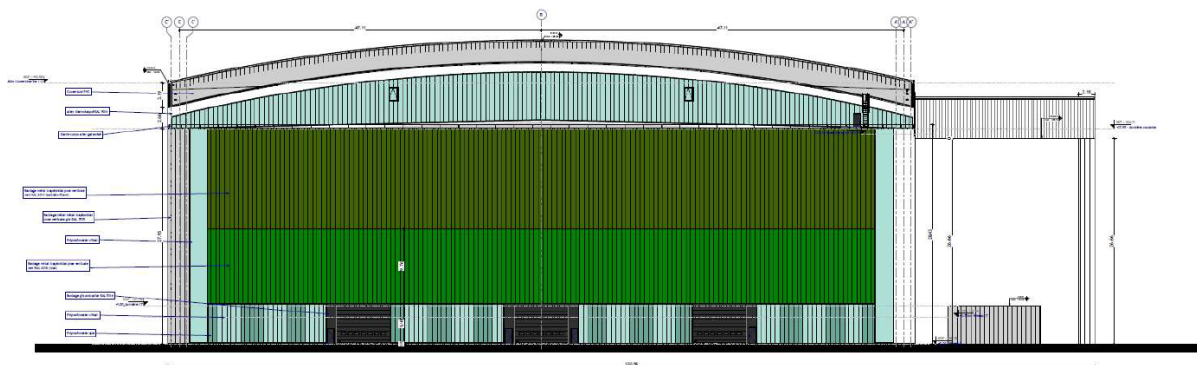
### 3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE ETUDIE

#### 3.1. DESCRIPTION GENERALE

Le hangar de maintenance en structure métallique mesure 97 m de long pour 88 m de large, avec une hauteur maximale de 35 m. Ses parois extérieures sont en bardage métallique simple peau. Ce hangar est destiné à accueillir des avions en stationnement pour leur maintenance.

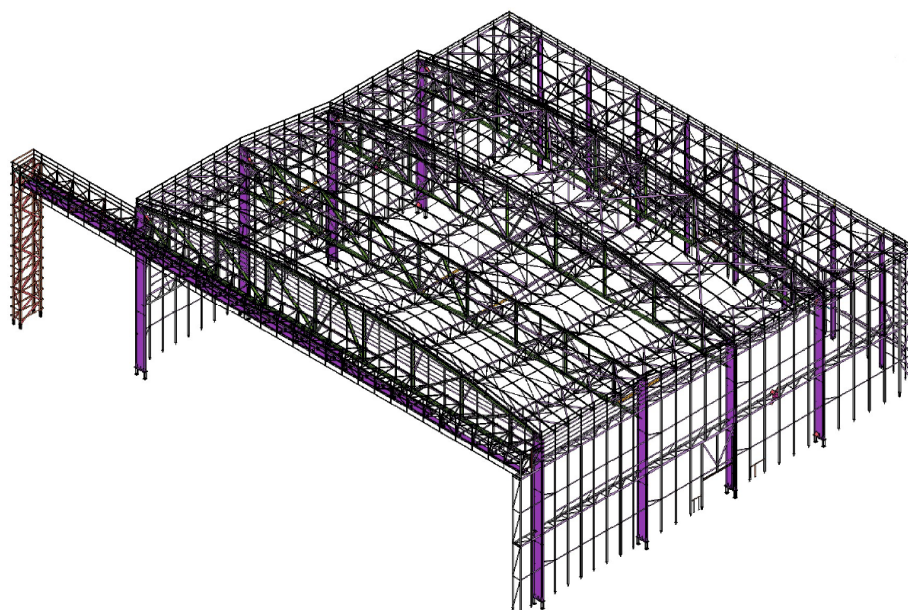
#### 3.2. PRESENTATION DE LA STRUCTURE DU BATIMENT

La structure porteuse du hangar est réalisée à l'aide d'une structure métallique à fermes treillis et empannons treillis. Les poteaux principaux de ce hangar sont des PRS de grande hauteur (environ 2 m) en section et sont, pour la plupart, des profilés de classe 4 (profilés sensibles au voilement). Les portiques principaux font 97 m de portée environ et ont une hauteur au faîtage comprise entre 27 et 35 m. Les portiques ont des entraxes allant de 21,00 à 24,50 m.



**Figure 3-1 : Vue en élévation de la face nord**

La figure suivante donne une vue en 3D de la structure principale du hangar.



**Figure 3-2 : Structure métallique principale en 3D du hangar**

### 3.3. DESCRIPTION DU DESENFUMAGE

Le désenfumage du Hangar est assuré par les portes sud (voir figure ci-dessous) dont l'ouverture est manuelle. Les dimensions des portes sont de 92 m x 27 m.

**Remarque :** S'agissant d'une étude du mode de ruine, les portes sont considérées ouvertes dès le début des simulations du fait de la puissance de feu atteinte qui pourrait générer des instabilités numériques en cas de déficience d'apport d'air.

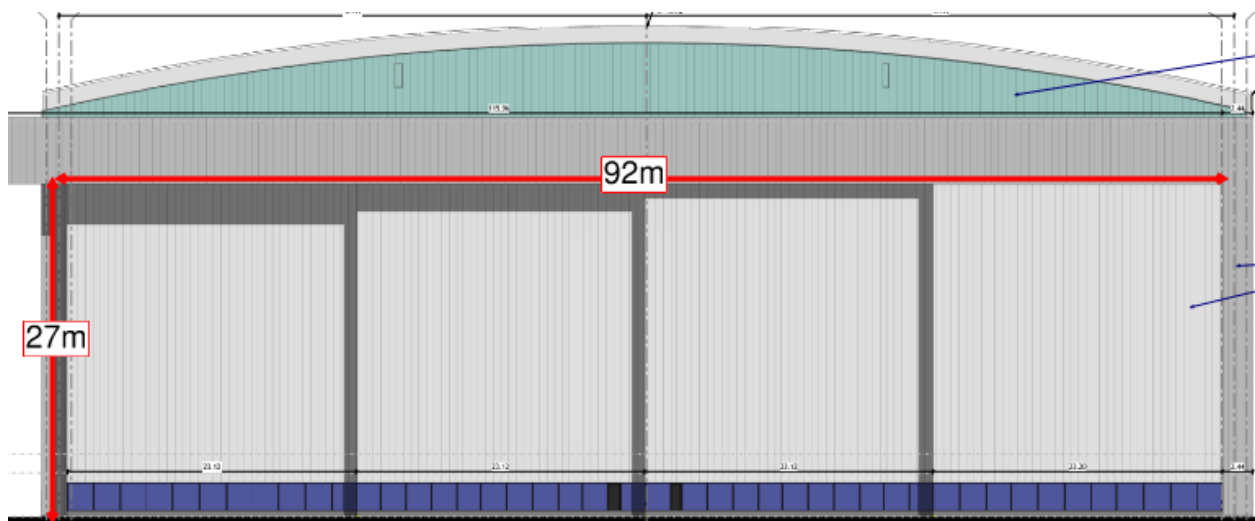


Figure 3-3 : Désenfumage du hangar par les portes Sud

### 3.4. EXTINCTION AUTOMATIQUE INCENDIE

Un système d'extinction automatique de type sprinkler est prévu dans le bâtiment.

## 4. OBJECTIFS DE SECURITE ET METHODOLOGIE GENERALE

---

### 4.1. OBJECTIFS DE SECURITE

L'objectif de cette étude est de vérifier l'exigence suivante :

- En cas d'incendie réel se déclarant au sein de l'extension, il n'y a pas de ruine de la structure enveloppe de l'entrepôt vers l'extérieur (et ceci afin de s'assurer que la structure enveloppe de l'entrepôt ne s'effondre pas sur les cheminements d'évacuation et/ou ne perturbe pas l'intervention des services de secours).

### 4.2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La présente étude d'ingénierie a pour but de procéder à un examen des exigences sur la tenue au feu de la structure du hangar dans sa configuration projetée et sur son mode de ruine.

La méthode proposée repose sur les étapes suivantes :

- Analyse des charges calorifiques présentes dans le bâtiment ou à proximité et définition des scénarios incendie pénalisants.
- Proposition des scénarios incendies.
- Quantification des sollicitations thermiques sur les éléments de structure pour ces scénarios.
- Analyse du comportement au feu de la structure.

#### 4.2.1. Etape 1 : Analyse des documents

L'objectif de cette étape est de disposer des éléments nécessaires à une analyse pertinente du risque incendie.

Un inventaire des éléments constructifs du hangar est réalisé à partir des informations fournies.

Le recensement concerne aussi bien le relevé structurel (poteaux, poutres, ...) que les différents types de parois et couvertures présentes (caractéristiques des façades, toitures, ...), en termes de matériaux, de caractéristiques thermiques et mécaniques.

Les différents potentiels calorifiques présents dans le bâtiment sont également recensés, en termes de quantité, de nature et de localisation.

#### 4.2.2. Etape 2 : Analyse du risque incendie et définitions des scénarios incendie pénalisants

L'analyse du risque incendie porte sur les éléments présents à l'intérieur du hangar.

Elle vise à définir les scénarios incendie pénalisants pouvant avoir un impact sur la structure du hangar pour un feu intérieur ou extérieur (le cas échéant).

Cette analyse du risque incendie ne traite pas des aspects probabilistes du risque incendie, mais s'attache à définir les scénarios les plus pénalisants envisageables.

Ces derniers sont déterminés à partir du recensement des potentiels calorifiques fait à l'étape 1, en tenant compte des caractéristiques de stockage et/ou de mise en œuvre : nature des potentiels calorifiques, mode de stockage, quantité, répartition au sol, présence de source d'ignition, etc...

A chaque scénario est associé un débit calorifique (puissance du feu) et une localisation spatiale par rapport aux éléments structuraux du hangar.

Ces données sont utilisées à l'étape n°3 pour quantifier les sollicitations thermiques associées (températures et flux thermiques) sur les éléments de structure.

#### 4.2.3. Etape 3 : Quantification des sollicitations thermiques sur les éléments de structure pour ces scénarios

L'objectif de cette étape est la quantification, à partir des scénarios d'incendie les plus pénalisants déterminés à l'étape 2, des sollicitations thermiques sur la structure du hangar.

Elle se fait en deux phases.

##### 4.2.3.1. Phase n°1 : Développement des incendies

Pour chaque scénario d'incendie, les évolutions des sollicitations thermiques sur les éléments de structure et de la température dans le panache et la couche de fumées au niveau des éléments de structure horizontaux sont déterminées en utilisant l'un de ces outils :

- Des modèles de feu localisé.
- Un code de calcul à champs (FDS [6] [7])

##### 4.2.3.2. Phase n°2 : Echauffement des éléments de structures

La phase n°2 consiste, pour chaque scénario, à déterminer les agressions thermiques reçues par les éléments de structure.

L'échauffement des structures acier non-protégées sera déterminé à l'aide des modèles de calcul thermique en respectant les règles de l'Eurocode 3 partie 1-2 + AN (NF EN 1993-1-2) [3] et en s'appuyant sur le code de calcul par élément SAFIR [5].

#### 4.2.4. Etape 4 : Analyse du comportement au feu et stabilité au feu de la structure

Pour chaque élément structurel susceptible d'être fortement impacté par l'un ou l'autre des scénarios d'incendie pénalisants, l'examen de sa tenue mécanique sous sollicitation thermique sera réalisé. Cet examen est réalisé, suivant les cas, par une analyse simplifiée basée sur le calcul des températures critiques conformément à la NF EN 1993-1-2. Dans le cas où ces méthodes ne sont pas applicables, des modélisations thermomécaniques pourront être réalisées à l'aide de code de calcul aux éléments finis, conformément aux méthodes avancées des Eurocodes [3].

## 5. ANALYSE DU RISQUE INCENDIE ET DEFINITIONS DU SCENARIO INCENDIE

### 5.1. SELECTION DU SCENARIO INCENDIE

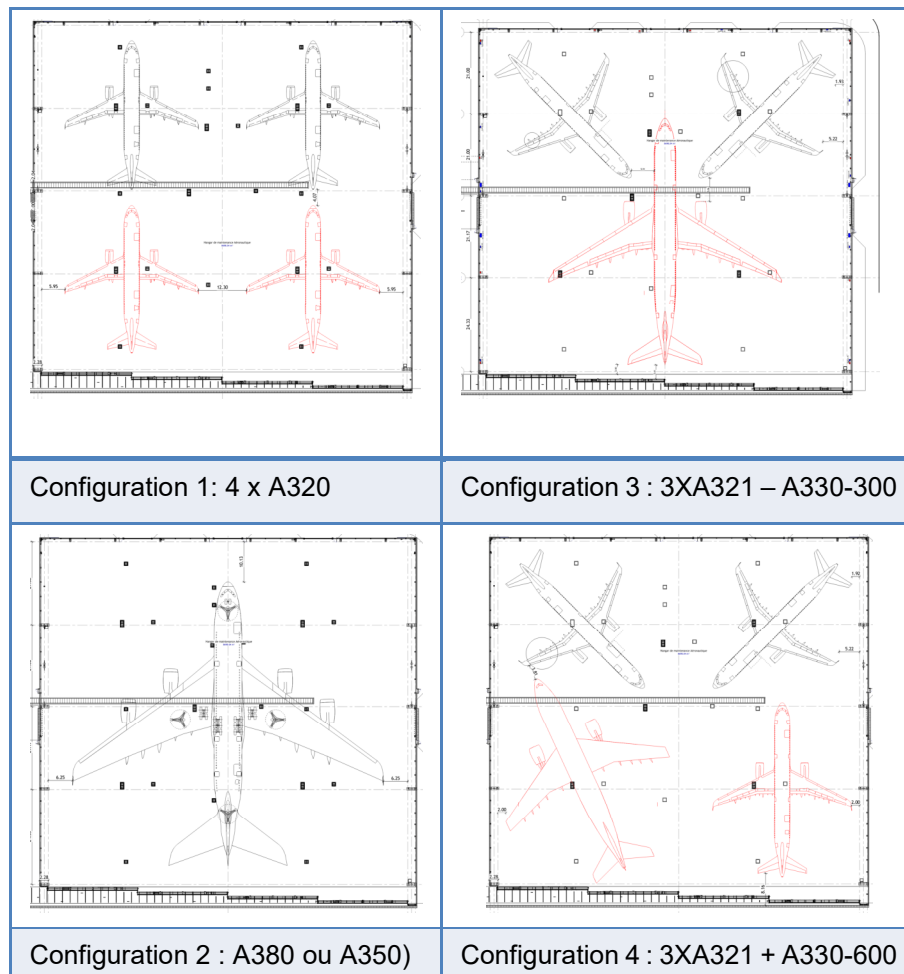
Dans un premier temps, une analyse a été réalisée afin de sélectionner un scénario feu enveloppe dans le hangar de maintenance. Cette analyse a fait l'objet d'une présentation [11] et est résumée ci-après.

Quatre configurations de stationnement d'avions sont envisagées comme indiqué dans [9] et repris dans le Tableau 5-1 et la Figure 5-1. Pour chaque scénario les emplacements des avions ainsi que des quantités de fuel par avion sont aussi précisés.

Configuration n°1	Nb	Fuellé	Capacité total réservoir	% de fuel	Capacité fuel retenue (L) par avion	Capacité fuel totale (L)
Position avancée						
A320	2	Non	29 659	0%	0	0
Position arrière						
A320	2	oui	29 659	98,5%	29 214	58 428
Configuration n°2	Nb	Fuellé	Capacité total réservoir	% de fuel	Capacité fuel retenue (L) par avion	Capacité fuel totale (L)
A380	1	Non	323 546	0%	0	0
Ou						
A350	1	Non	165 000	0%	0	0
Configuration n°3	Nb	Fuellé	Capacité total réservoir	% de fuel	Capacité fuel retenue (L) par avion	Capacité fuel totale (L)
Position avancée						
A321	2	Non	29 684	0%	0	0
Position arrière						
A300-600	1	Oui	68160	10%	6 816	6 816
A321	1	Oui	29 684	10%	2 968	2 968
Configuration n°4	Nb	Fuellé	Capacité total réservoir	% de fuel	Capacité fuel retenue (L) par avion	Capacité fuel totale (L)
Position avancée						
A321	2	Non	29 684	0%	0	0
Position arrière						
A330-300	1	Oui	68 160	10%	6816	6 816

**Tableau 5-1 : Configurations des avions en stationnement dans le hangar (surligné en jaune : quantité de fuel la plus importante)**





**Figure 5-1 : Configurations des avions en stationnement dans le hangar**

Au vu des charges calorifiques présentes dans le hangar pour chacune des configurations, le scénario de feu enveloppe sélectionné est basé sur la configuration 1 qui présente la quantité la plus importante de fuel.

Le scénario suivant a ainsi été retenu (Figure 5-2) :

- **Etape 1** : épandage d'une nappe de kérosène sur la totalité de la surface du hangar suite à une fuite d'un avion fuellé. L'absence de moyen de rétention / caniveau limitant la propagation du kérosène à l'intérieur du bâtiment signifie qu'aucune mesure ne permet de limiter l'étendue de la nappe.
- **Etape 2** : départ de feu de cette nappe.
- **Etape 3** : départ de feu du kérosène du 2<sup>ème</sup> avion fuellé présent dans le hangar. Cette étape est due à la montée en température qui provoque la rupture des réservoirs (modélisé de façon simplifiée comme une nappe recouvrant ¼ du bâtiment).
- **Etape 4** : feu des 4 avions (départ simultané avec étape 3).

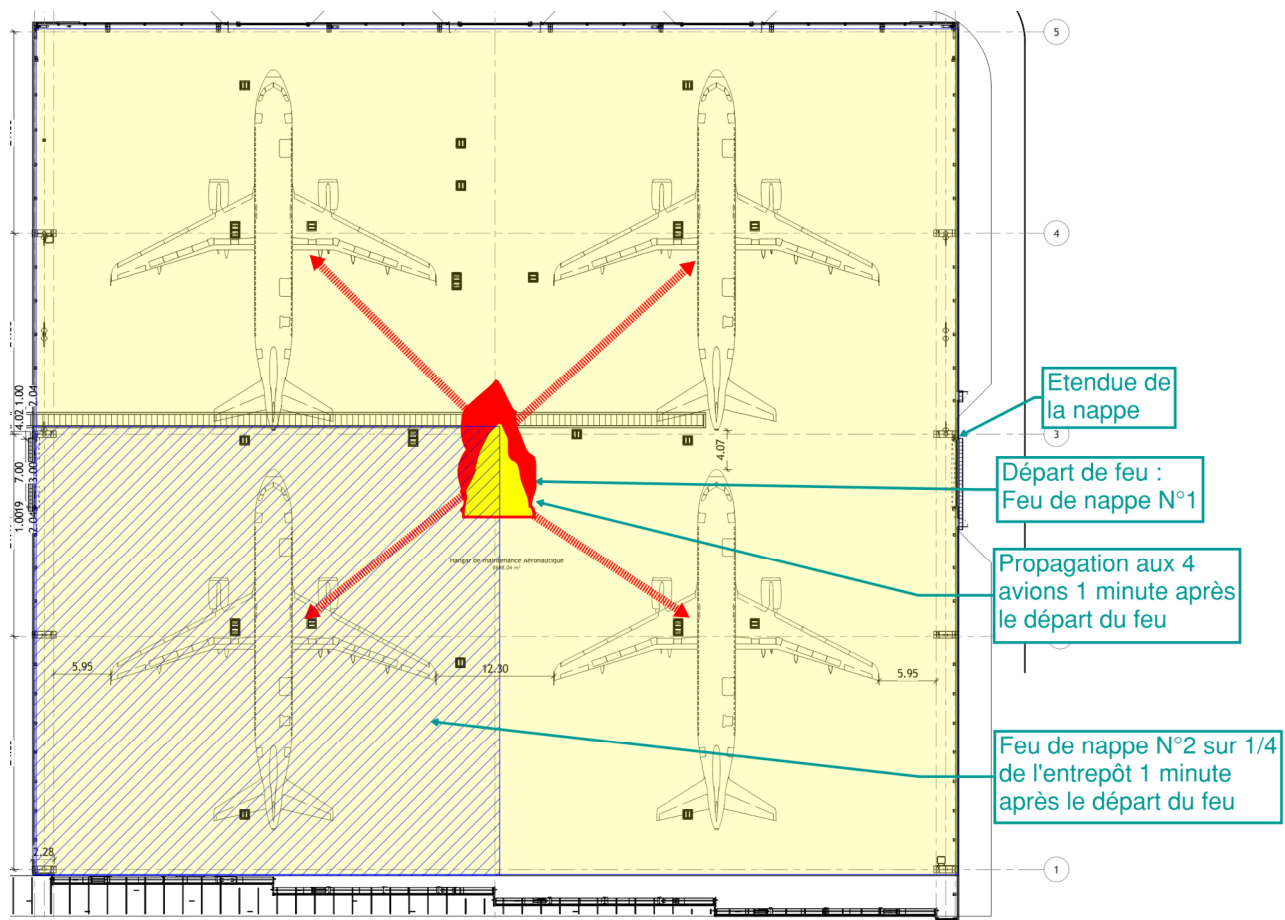


Figure 5-2 : Scénario retenu

La démarche de ce paragraphe se veut déterministe par défaut. Il n'est pas présumé de la réalité d'un départ de feu dans le hangar, mais uniquement des conséquences potentielles en cas de mobilisation d'une charge combustible jugée sécuritaire mais réaliste.

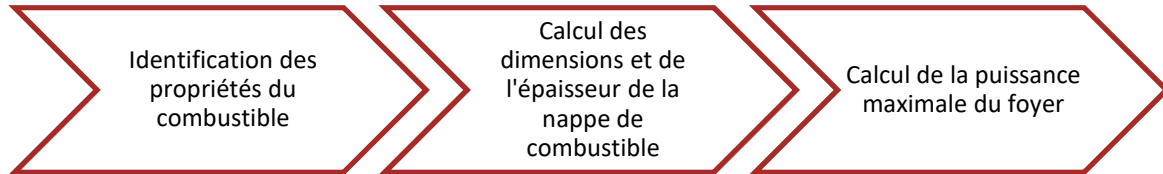
Le scénario sélectionné est basé sur une succession d'évènements ayant une faible probabilité :

- Prise en compte de l'avion comportant la quantité la plus pénalisante de kérosène (100% du réservoir de deux avions pleins)
- Epanchage complet du kérosène dans l'entrepôt lors de la première nappe. Les systèmes de sécurité des avions doivent permettre d'éviter ce type d'épanchage total (présence de plusieurs réservoirs indépendant). Cependant, les températures atteintes lors d'un feu de nappe, même moins important, pourraient provoquer la rupture de l'ensemble des réservoirs.
- Kérosène recouvrant de manière parfaite la surface totale de l'entrepôt (pas de prise en compte de déversement éventuel dans caniveau en limite d'entrepôt ou dans le caniveau technique au centre du bâtiment)
- Pas de prise en compte de la présence du système d'extinction automatique (cf. §3.4) qui pourrait limiter la propagation à l'ensemble de l'entrepôt. Cependant ce système pourrait avoir une efficacité limitée en cas de feu de nappe.



## 5.2. FEUX DE NAPPE

La méthode utilisée pour calculer la puissance maximale du foyer est décomposée comme suit :



**Figure 5-3 : Calcul de la puissance d'un feu de nappe de quantité fixée dans un espace fini**

En l'absence d'autres données, le combustible choisi pour constituer le carburant des réservoirs d'avions dans l'analyse est le kérosène.

Afin de déterminer les données nécessaires à la simulation numériques, la méthode du SFPE [2] a été suivie. Les données d'entrée sont présentées dans le Tableau 5-2 et les résultats dans le Tableau 5-3 pour les deux nappes.

**Tableau 5-2 : Feu de nappe – Données d'entrée**

Données d'entrée				
Description du foyer			Nappe 1	Nappe 2
Surface de la nappe	A	(m <sup>2</sup> )	8536	2134
Quantité	L	L	30000	30000
Epaisseur de la nappe	e	(m)	0.0034	0.014
Volume de combustible	V	(m <sup>3</sup> )	29.214	
Diamètre équivalent circulaire	D	(m)	104	52
Nature du combustible			Kerosine	
Débit massique de combustion asymptotique	m''	(kg/m <sup>2</sup> /s)	0.039	
Chaleur de combustion	ΔHc	(kJ/kg)	43200	
Masse volumique	ρ	(kg/m <sup>3</sup> )	820	
Constante empirique	kβ	(1/m)	3.5	
Vitesse de disparition de la nappe	v <sub>max</sub>	(m/s)	4.7561E-05	
Température ambiante			T <sub>amb</sub>	[°C]
Masse volumique de l'air ambiant			ρ <sub>amb</sub>	(-)
Accélération gravitationnelle			g	(m/s <sup>2</sup> )
			20	
			1.20	
			9.81	

**Tableau 5-3: Feu de nappe – Résultats**

Données de sorties				
Résultats		Nappe 1	Nappe 2	
Vitesse de disparition de la nappe	m"	(g/m <sup>2</sup> /s)	39	39
		(m/s)	4.7561E-05	4.7561E-05
		mm/min	2.85	2.85
		% v <sub>max</sub>	100%	100%
Débit calorifique du foyer	Q	(kW)	14381452.8	3595363.2
		(MW)	14381.45	3595.36
		(kW/m <sup>2</sup> )	1684.8	1684.8
		(MW/m <sup>2</sup> )	1.6848	1.6848
Charge calorifique		MJ	1034876.74	1034876.74
		(MJ/m <sup>2</sup> )	121.2367	484.9469
Durée de combustion	tB	(s)	72	289
		(h)	0h1min	0h4min

La puissance de feu maximale obtenue avec cette méthode est ainsi  $Q = 14,4 \text{ GW}$  pour une durée de feu totale de **72 s** pour la nappe 1 et  $Q = 3.5\text{GW}$  et **289 s** pour la nappe 2.

La puissance maximale est atteinte dans la simulation après 60 s.

### 5.3. FEU D'AVION A320

La composition considérée pour l'A320 est la suivante, avec 20% du poids de l'appareil en matériaux synthétique (source : rapport Flumilog – tableau ci-dessous [4]) soit environ 10 t du poids total de l'appareil.

Composition	Pourcentage	Matériau retenu en modélisation FLUMILOG
Aluminium	60 %	Aluminium
Autres métaux	20 %	Acier
Matières synthétiques	20 %	Synthétique

Tableau 5-4 : Composition de l'A320 [4]

Afin de représenter la combustion de ces matériaux synthétiques, une hypothèse assimilant ces derniers à du plastique est prise en compte, le débit calorifique associé au plastique est de 500 kW/m<sup>2</sup> avec une chaleur de combustion de **26 MJ/kg [2]**. La vitesse de croissance de feu retenue pour ce type de combustible est « Rapide ».

La puissance du feu dégagée par la combustion de l'A320 sera limitée par l'apport d'air, qui sera assuré dans ce cas par les hublots. De manière simplifiée, la surface d'ouverture prise en compte est représentée dans la figure ci-dessous et correspond à une surface de 1 m de haut sur 3 faces de l'avion soit une surface totale de 45 m<sup>2</sup>.

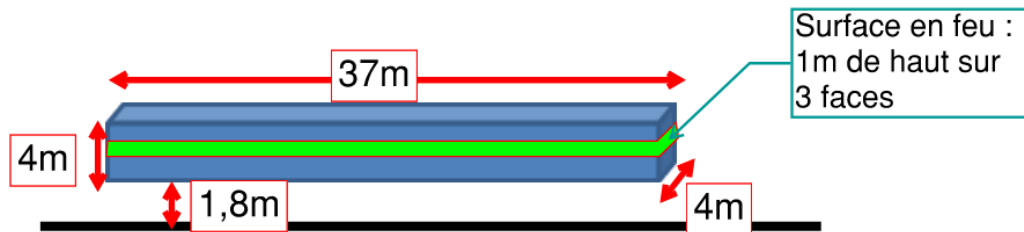


Figure 5-4 : Représentation schématique de la surface d'ouverture (hublot) pour l'A320

Le débit calorifique associé est présenté dans la figure ci-dessous ;

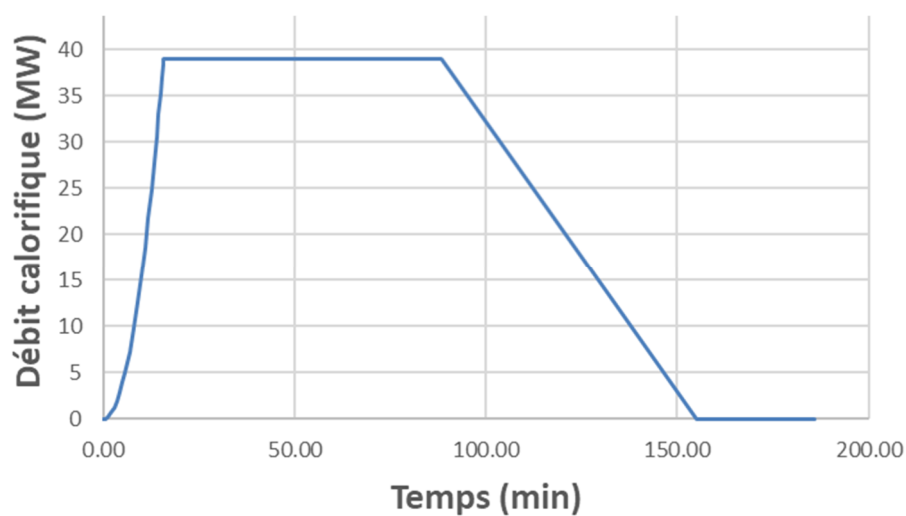


Figure 5-5 : Débit calorifique de l'A320

**Remarque :** le départ de feu de l'A320 est considéré à 1 minute après le début du feu de nappe. La combustion de 4 avions A320 simultanée est prise en compte.

#### 5.4. SYNTHÈSE DE LA CHRONOLOGIE DES ACTIONS

Comme décrit au §4.2.2, le scénario proposé se décompose en plusieurs étapes :

- Etape 1 : Feu de nappe 1 recouvrant la totalité du hangar ;
- Etape 2 : Feu de nappe 2 recouvrant  $\frac{1}{4}$  du hangar ;
- Etape 3 : Feu des 4 avions en simultané.

## 6. HYPOTHESE DE CALCUL

### 6.1. CODE DE CALCUL

Compte tenu de la volumétrie et de la nécessité d'étudier l'enfumage de plusieurs niveaux simultanément, on utilise le modèle de champ tridimensionnel FDS [6] développé par le NIST et utilisé par Efectis France depuis de nombreuses années. Il intègre un modèle de combustion par suivi de la fraction de mélange et un modèle à grandes échelles (LES) pour la description des écoulements turbulents. Il permet de prédire le déplacement des fumées au sein d'une géométrie complexe en prenant en compte la nature des combustibles, l'effet des parois ainsi les effets aérauliques réels (ventilations, exutoires, ...).

Ce code de calcul en dynamique des fluides fournit, en fonction du temps et en tous points, les principaux paramètres suivants :

- La température des gaz (pour les sollicitations thermiques et les conditions d'évacuation) ;
- Le flux thermique reçu par une cible localisée ;
- Les conditions de visibilité (associée à la présence de suies) ;
- La teneur en espèces toxiques.

Il est à noter que dans le cadre de cette étude seuls les températures et flux thermique ont été analysés.

### 6.2. MODELE GEOMETRIQUE

Le modèle FDS mis en place pour effectuer les simulations est basé sur un maillage cartésien qui a été optimisé du fait de la grande taille de l'entrepôt. Ainsi des mailles de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m sont utilisées pour la modélisation.

Il faut souligner que les tailles de mailles ( $\partial x$ ,  $\partial y$ ,  $\partial z$ ) sont adaptées aux problématiques propres à chaque modélisation (surface de foyer, ouvrants, dimensions cibles-agresseurs, etc.). Les dimensions associées au maillage sont contraintes par le respect de la grille numérique associée à l'utilisation du solveur de Poisson sur la base de transformées de Fourier rapides. Pour cela, les différentes études réalisées ont permis d'introduire les nombres sans dimensions suivant représentatifs du panache simulé :

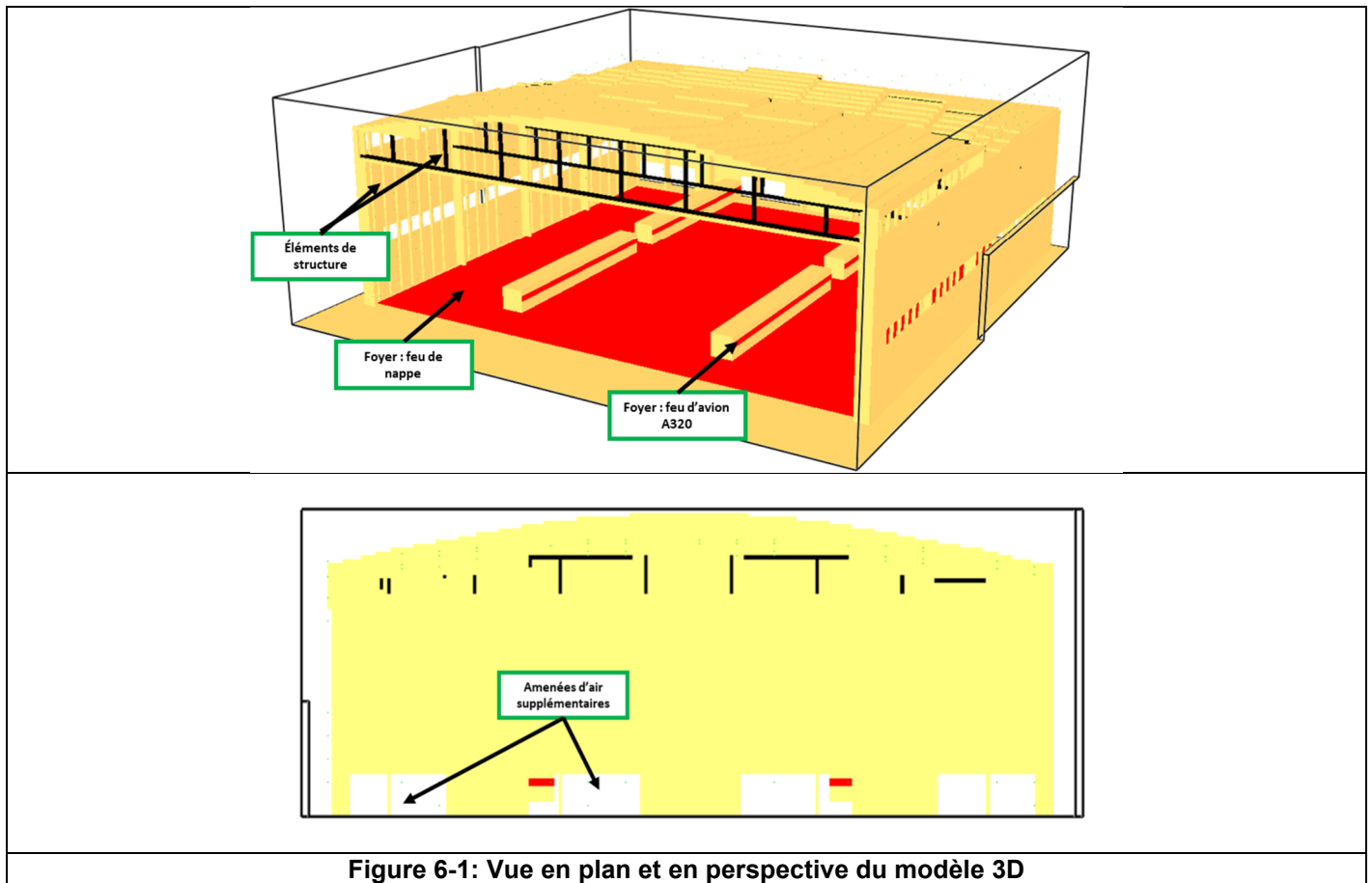
$$R^* = \frac{D^*}{\max(\partial x, \partial y, \partial z)}$$

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_\infty C_p T_\infty \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Avec,

Paramètre	Description	Unité	Valeur
Q	Débit calorifique	kW	14GW (nappe 2)
$\rho_\infty$	Masse volumique de l'air à température ambiante	kg/m <sup>3</sup>	1,2
$C_p$	Chaleur spécifique à pression constante du gaz	kJ/kgK	1,012
$T_\infty$	Température ambiante	K	293,3
g	Accélération de la gravité	m/s <sup>2</sup>	9,81
D*	-	NA	17

Dans cette étude, le D\* est évalué sur la base de la puissance maximale théorique. La convergence en maillage est atteinte lorsque R\* est supérieur à 4, ce qui est bien le cas dans la modélisation réalisée dans le cadre de l'étude.



**Figure 6-1: Vue en plan et en perspective du modèle 3D**

### 6.3. AUTRES HYPOTHESES

Concernant les éléments de structure (bardage, poutres et poteaux), les caractéristiques thermo-physiques de l'acier issues de l'Eurocode 3 [3] sont prises en compte.

## 7. RESULTATS

### 7.1. PREAMBULE

Les sollicitations thermiques étudiées sur les poutres et poteaux de la structure sont les flux totaux nets sur paroi froide (GAUGE HEAT FLUX dans FDS). On parlera alors de flux dans le reste du rapport pour désigner les résultats obtenus à l'aide du capteur GAUGE HEAT FLUX.

Le flux net sur paroi froide, incluant à la fois la composante convective et la composante radiative du flux, est défini comme suit :

$$\Phi_{GHF} = \Phi_{rad}^{inc} + \Phi_{conv} + \Phi_{rad}^{T_w} + \Phi_{conv}^{T_w}$$

Avec :

- $\Phi_{rad}^{inc}$  : Flux radiatif incident ;
- $\Phi_{conv}$  : Flux convectif ;
- $\Phi_{rad}^{T_w}$  : Flux radiatif de l'élément considéré comme un corps noir et le flux radiatif d'un corps noir à 20°C ;
- $\Phi_{conv}^{T_w}$  : Flux convectif entre l'élément et un élément à 20°C.

Pour établir les sollicitations, la méthode utilisée est une mesure locale donnant la valeur maximale du flux reçu pour une surface donnée. En définissant des surfaces de mesure englobant les faces de l'élément de structure et en décomposant les mesures le long de l'élément considéré, l'évolution des flux le long de ces éléments est déterminée.

### 7.2. TEMPERATURE

Du fait de la puissance dégagée par le feu de nappe, les températures atteintes dans l'entrepôt sont très rapidement supérieures à 500°C dans la majorité du bâtiment et donc les éléments structuraux sont considérés comme étant en contact flamme.

Cette température décroît brutalement au bout de 410 s (fin des feux de nappe) et reste par la suite faible jusqu'à la fin de la simulation (feu d'avions seulement).

Les avions étant situés loin des éléments structuraux et le volume présentant de grandes ouvertures vers l'extérieur (portes principales et parois en polycarbonate étant considérées comme des ouvertures), la chaleur générée par le feu d'avions une fois que le feu de nappe est terminé ne peut s'accumuler.

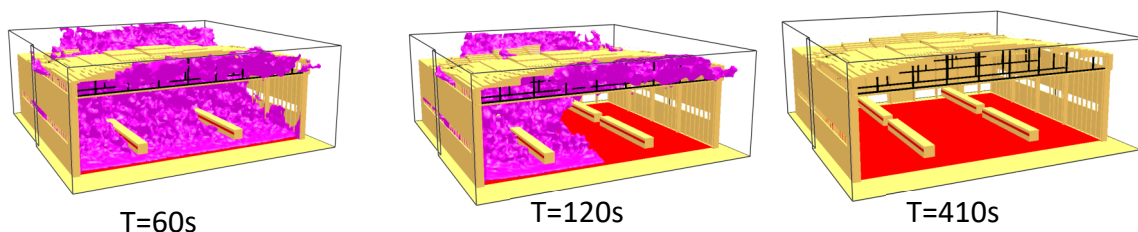
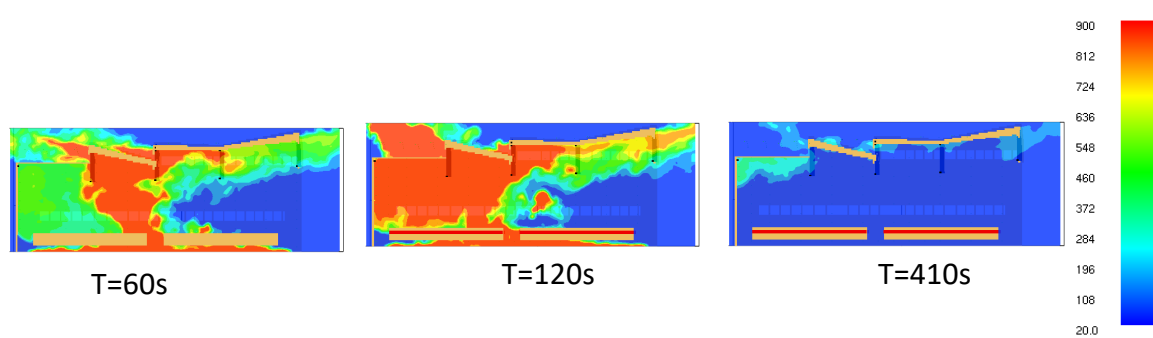


Figure 7-1 : ISO Température 500°C



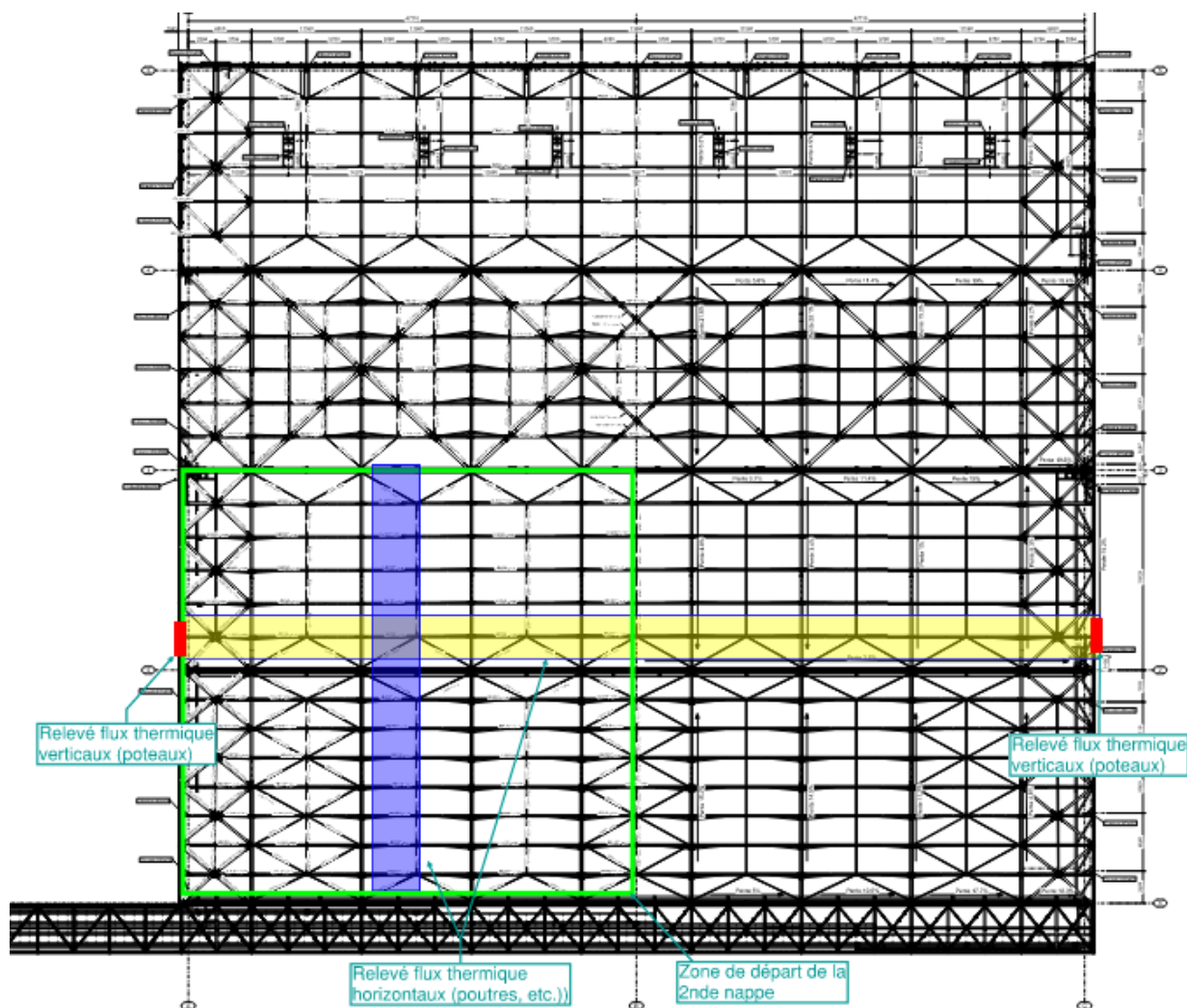
**Figure 7-2 : Températures dans l'axe du foyer – Vue en coupe**

### 7.3. FLUX THERMIQUE

Afin d'analyser le comportement au feu de la structure, le portique recevant les flux thermiques les plus importants a été sélectionné. La position correspond au portique passant au-dessus de l'avion générant la deuxième nappe de kérosène.

Les flux thermiques ont été relevés (voir Figure 7-3) :

- Le long des deux poteaux constituant ce portique à différentes hauteurs.
- Au niveau des croix de contreventement.
- Le long des poutres (longitudinale et transversal).



**Figure 7-3: Relevé flux thermique**



Les flux nets sur parois froides relevés sur la hauteur du poteau 1, celle du poteau 2 et le long des poutres sont montrés sur les Figure 7-4, Figure 7-5 et Figure 7-6 respectivement.

Chaque courbe présente le flux maximum relevé :

- Sur une hauteur de 3 m pour les poteaux (exemple : la courbe P1H1 présente le flux maximum de 0 à 3 m de hauteur) ;
- Sur une longueur de 5 m pour les poutres (exemple : la courbe Z2L1 présente le flux maximum de 0 à 5 m de longueur en partant du poteau 1).

Il apparait très clairement que les flux thermiques reçus au niveau des poteaux et poutres sont très élevés pendant les feux de nappes (équivalent à une courbe conventionnelle de type hydrocarbure majorée) puis diminuent drastiquement lorsque ceux-ci sont terminés.

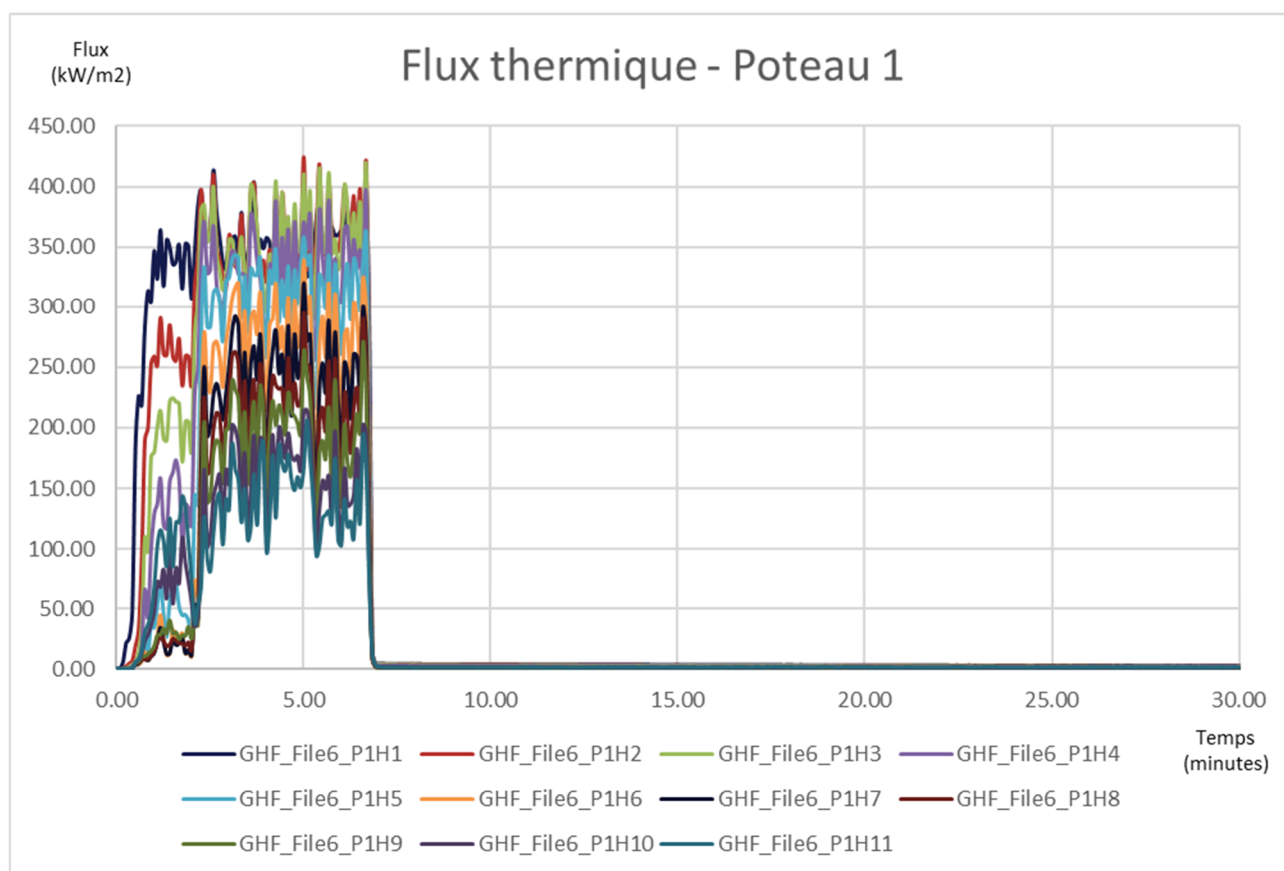
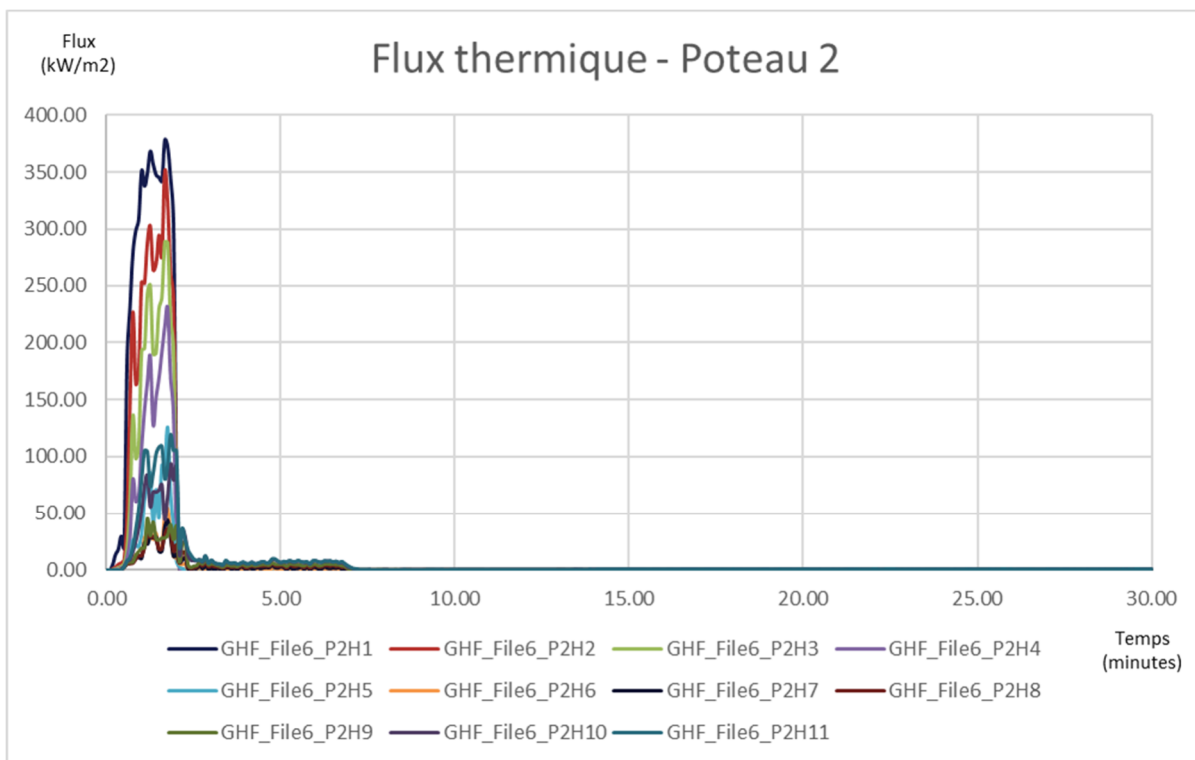
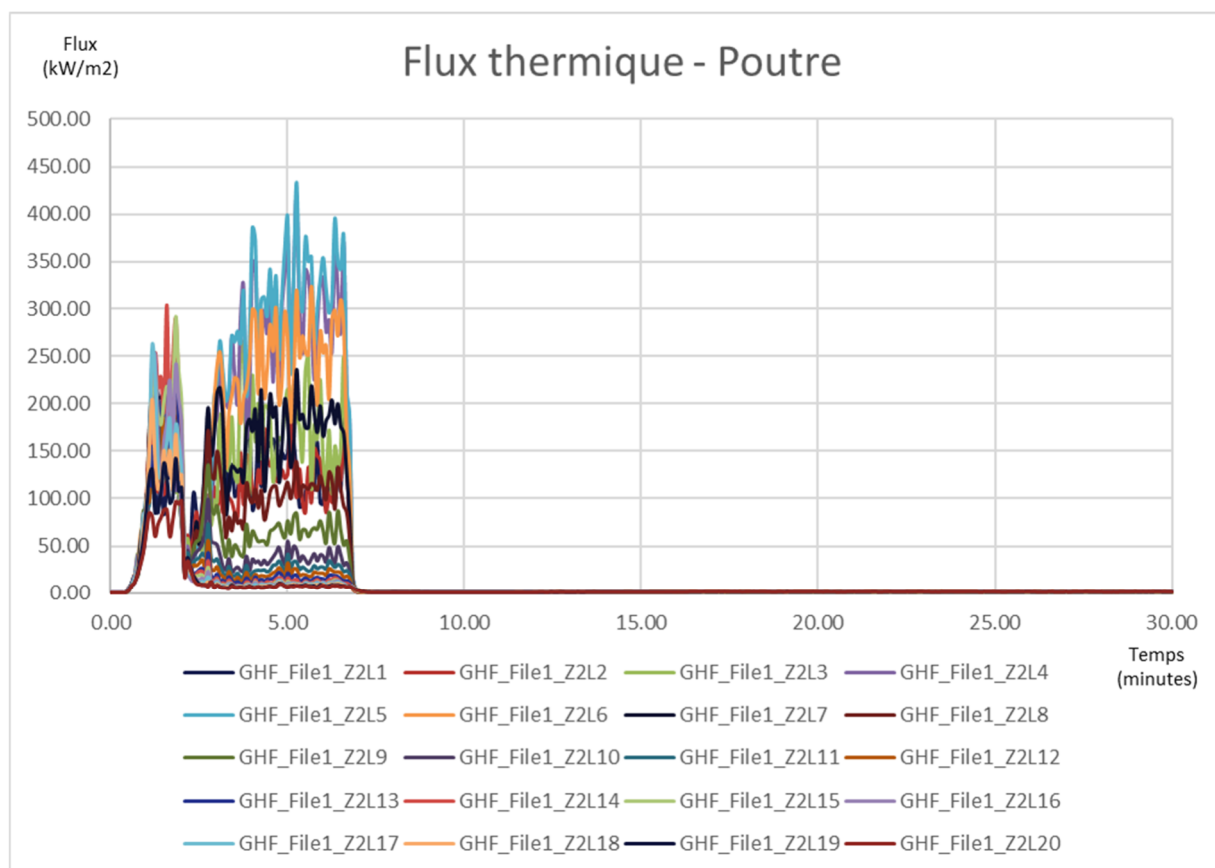


Figure 7-4 : Flux thermique relevés sur la hauteur du poteau 1 (poteau le plus proche de la 2<sup>nd</sup>e nappe)





**Figure 7-5 : Flux thermique relevés sur la hauteur du Poteau 2 (poteau le plus éloigné de la 2<sup>nd</sup>e nappe)**



**Figure 7-6 : Flux thermique relevés sur la longueur des poutres (depuis poteau 1 jusqu'à poteau 2)**

## 8. ETUDE DE COMPORTEMENT AU FEU DES PORTIQUES PRINCIPAUX

---

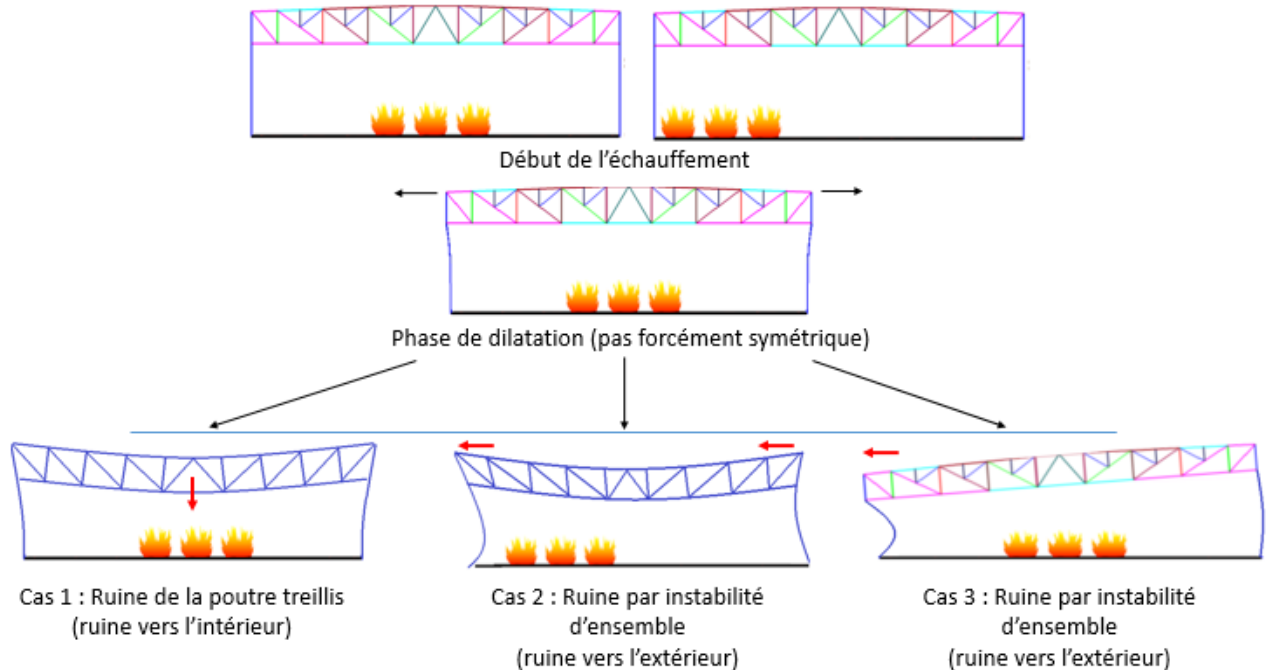
### 8.1. MODES DE RUINE POSSIBLE ET SCHEMA STATIQUE DE LA STRUCTURE

La stabilité transversale du bâtiment est assurée par les portiques principaux à une seule travée de la structure, notamment par le biais des encastremements des pieds de poteaux et par l'encastrement entre les poteaux et le treillis de la ferme [10].

Lorsqu'une charpente métallique est soumise à l'incendie, son comportement mécanique peut être schématisé en plusieurs phases distinctes :

- **Phase de poussée :** Au début de l'incendie, l'échauffement de la structure demeure relativement faible pour ne pas affaiblir de manière significative les caractéristiques mécaniques des éléments. Dans cette première phase, l'augmentation de la température des éléments se traduit principalement par leur dilatation thermique. Lorsque les poutres de toiture sont les principaux éléments échauffés, cela se traduit par un déplacement vers l'extérieur de la structure exposée au feu et par une augmentation des efforts de compression dans les éléments horizontaux. En parallèle, des efforts additionnels du fait des effets du second ordre s'appliquent aux poteaux.
- **Phase de traction/ruine de l'ouvrage :** Dès lors, la déformation de la structure augmentera progressivement, éventuellement accompagnée de ruines ponctuelles d'éléments dits secondaires. L'échauffement des éléments entraîne également une perte de leur capacité portante. On peut distinguer trois principaux modes de ruine d'une structure à une seule travée en fonction du positionnement de la première défaillance majeure :
  - Cas 1 : Ruine par excès de sollicitation au niveau du treillis de la ferme : Ce type de ruine se traduit par la formation d'une rotule plastique à mi portée (ou à proximité) de la ferme. L'effort de poussée au sein de ces éléments passe progressivement à un effort de traction. Ce type de ruine entraîne en règle générale une ruine de la structure sur elle-même pouvant être assimilée à une ruine vers l'intérieur.
  - Cas 2 : Ruine par instabilité d'ensemble : La dilatation des éléments principaux peut entraîner une augmentation des effets du second ordre du fait des déformations géométriques imposées et notamment des déplacements des têtes de poteaux. Dans ce cas, la perte de raideur des encastremements assurant la stabilité horizontale de l'ouvrage peut entraîner un basculement d'ensemble vers l'extérieur de l'ossature.
  - Cas 3 : Ruine par instabilité locale des poteaux : En fonction du scénario de feu, il peut arriver que les poteaux soient beaucoup plus rapidement exposés que le reste de la structure (contact avec les flammes sur les premiers mètres des poteaux par exemple). Dans ce cas, les poteaux peuvent atteindre des températures très élevées pouvant générer leur flambement. La réponse de la structure dépendra de la répartition de l'échauffement des éléments à cet instant mais dans le cas où les températures du reste de l'ossature demeurent limitées (inférieure à la température critique des éléments), la ruine de l'ossature s'effectue par un mouvement de corps rigide vers l'extérieur.

La figure ci-dessous illustre ces phénomènes :



**Figure 8-1 : Illustration des différents modes de ruine possible de l'ossature.**

Ainsi, afin d'assurer un mode de ruine acceptable de l'ossature, le cas 1 est à privilégier. Il est donc nécessaire de s'assurer que :

- La ruine du treillis de toiture intervienne avant la ruine des poteaux.
- Les éléments de contreventement sont suffisamment résistants pour maintenir la stabilité du bâtiment jusqu'à cet instant.

## 8.2. HYPOTHESES DE CALCULS POUR LE TRANSFERT THERMIQUE

La réponse thermique des éléments de structure est déterminée à l'aide du logiciel de calcul de transfert thermique SAFIR [5]. Ainsi, des modèles représentant la section transversale de chaque élément ont été développés lors de l'étude.

Pour les calculs sous feu réel utilisant des courbes de températures, les coefficients d'échange convectifs et radiatifs sont les suivants [3]:

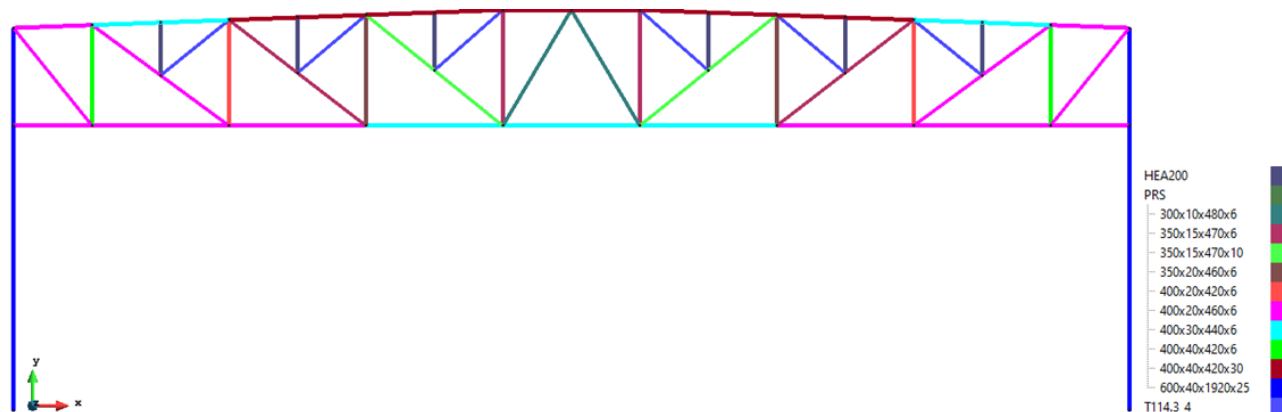
- Émissivité : 0,7
- Coefficient de convection en face exposée : 35 W/m<sup>2</sup>/K
- Coefficient de convection en face non-exposée : 4 W/m<sup>2</sup>/K

## 8.3. MATERIAUX

L'évolution des caractéristiques de ces matériaux avec la température est prise en compte dans le logiciel SAFIR [5], conformément aux prescriptions de l'Eurocode 2, partie 1-2 [3].

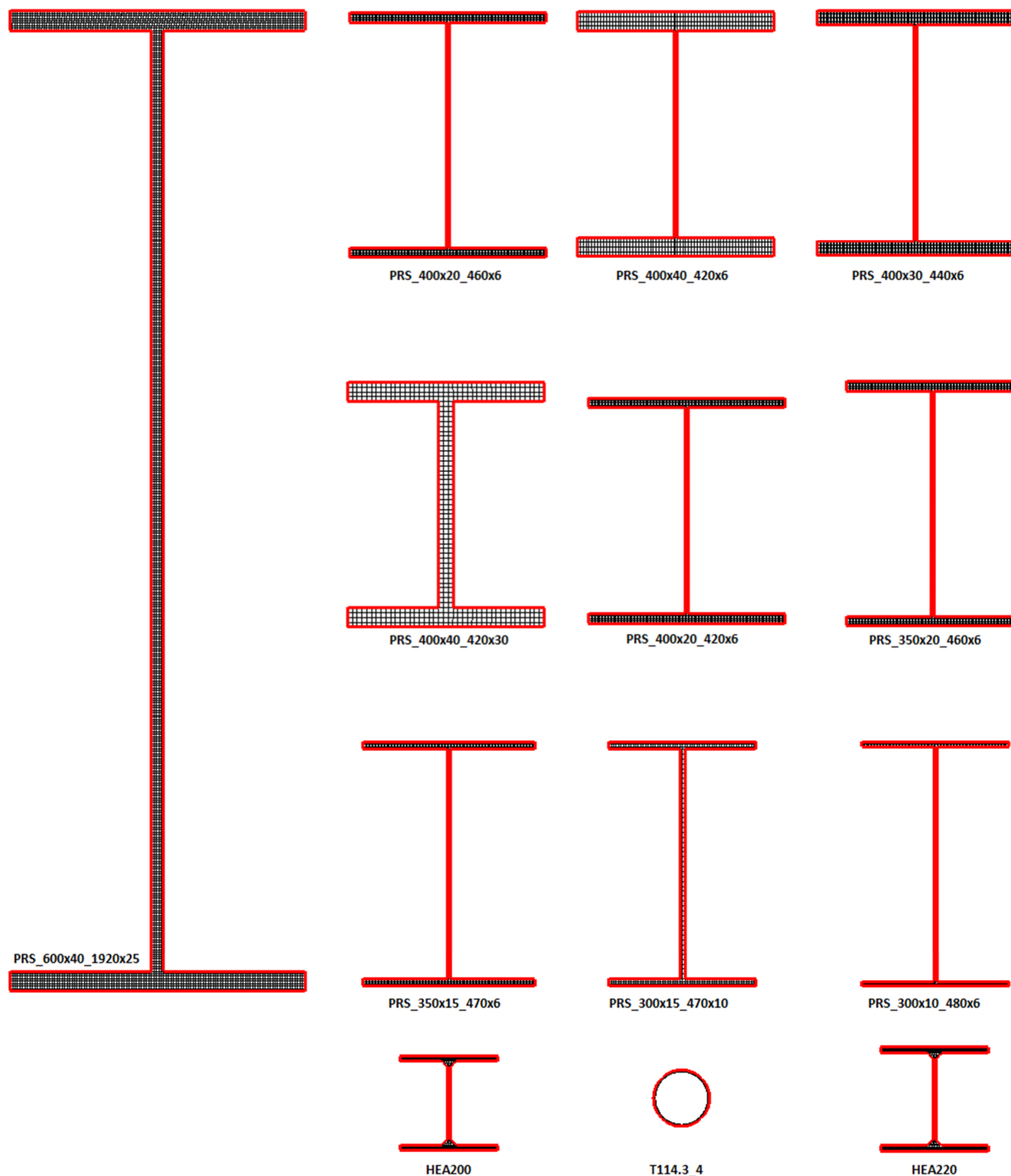
#### 8.4. SECTIONS DES PROFILES ETUDIES

Le comportement sous feu réel des portiques principaux est étudié à partir d'un modèle en deux dimensions ayant un comportement mécanique tridimensionnel. La structure du portique ainsi que la localisation des différentes sections étudiées sont présentées sur la figure ci-dessous :



**Figure 8-2 : Localisation des sections étudiées pour le portique de la file 2**

La figure ci-dessous présente l'ensemble des sections étudiées qui appartiennent au portique de la file 2 et/ou le treillis des pannes.



**Figure 8-3 : Ensembles des sections étudiées (maillage+ conditions aux limites)**

### 8.5. SCENARIO PRIS EN COMPTE

Une analyse a été menée en considérant le scénario de feu le plus pénalisant en termes d'actions thermiques, afin de s'assurer du respect du critère de ruine (ruine vers l'intérieur, non ruine en chaîne) sous ces conditions. Ce scénario correspond à celui présenté au §5. La figure ci-dessous présente la position du départ de feu par rapport au portique principal.

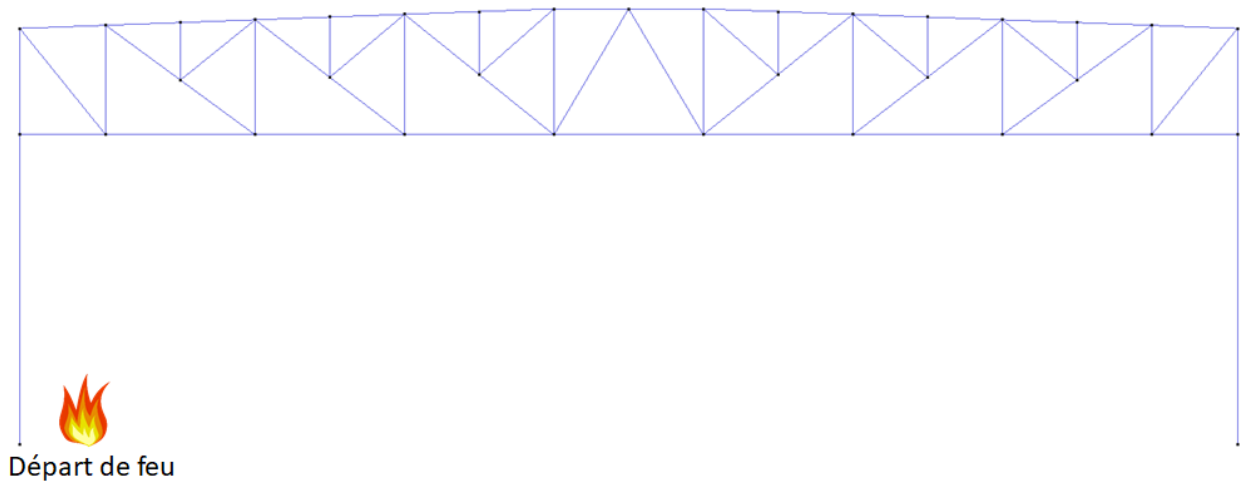


Figure 8-4 : Position du scénario de départ de feu

### 8.6. CALCULS DE TRANSFERT THERMIQUE

Comme expliqué au §4.2 l'échauffement des éléments de structure est déterminé à partir de calculs de transfert thermique réalisés sur SAFIR [5]. Ainsi, pour chaque élément de structure, des modèles représentant leur section transversale sont développés. L'échauffement au sein de la section est ensuite obtenu en fonction du temps et de l'éloignement du foyer pour chaque scénario.

Les figures suivantes présentent l'échauffement des sections des différents éléments en fonction du temps pour un départ de feu selon le scénario 1.

8.6.1. Poteaux PRS\_600x40\_1920x50 (H < 3 m)

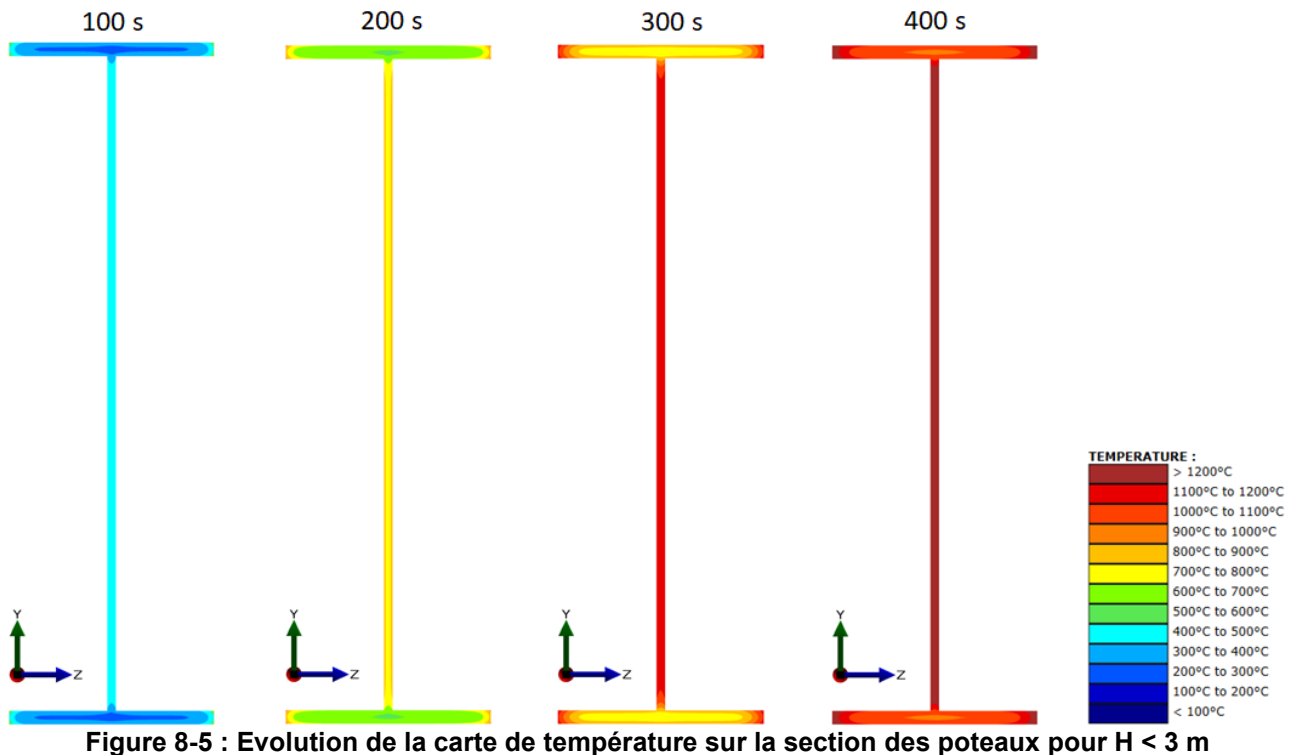


Figure 8-5 : Evolution de la carte de température sur la section des poteaux pour H < 3 m

La figure ci-dessous présente l'évolution de la température de l'âme des poteaux au droit du foyer en fonction du temps et de la hauteur :

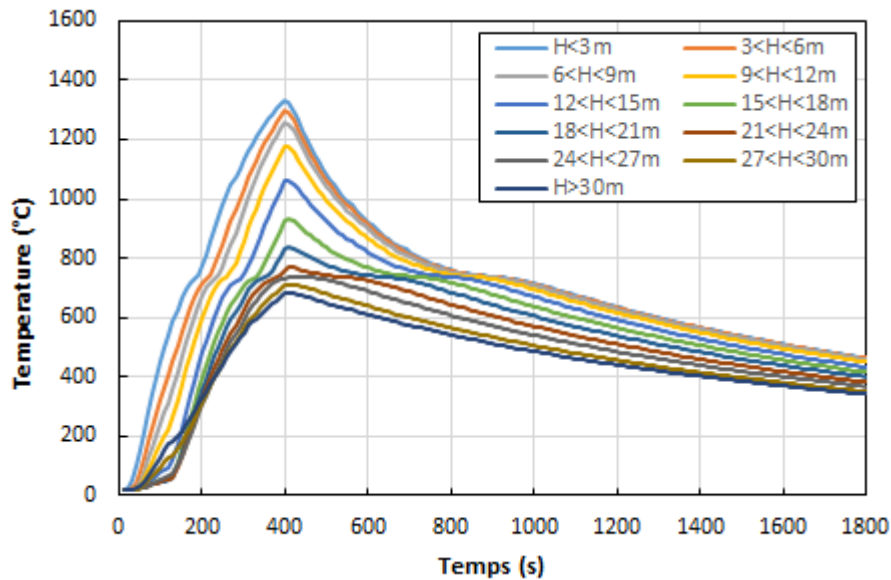


Figure 8-6 : Evolution de la température de l'âme des poteaux au droit du foyer en fonction du temps et de la hauteur.

8.6.2. Poutres (H > 29 m)

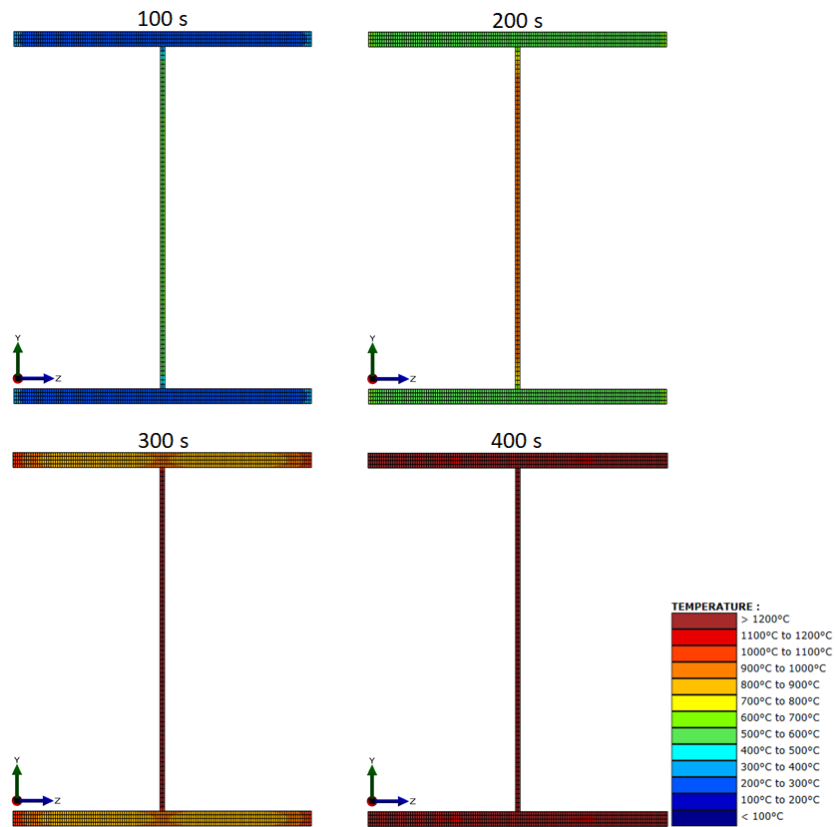


Figure 8-7: Evolution de la carte de température sur la section des PRS\_400x20\_460x6

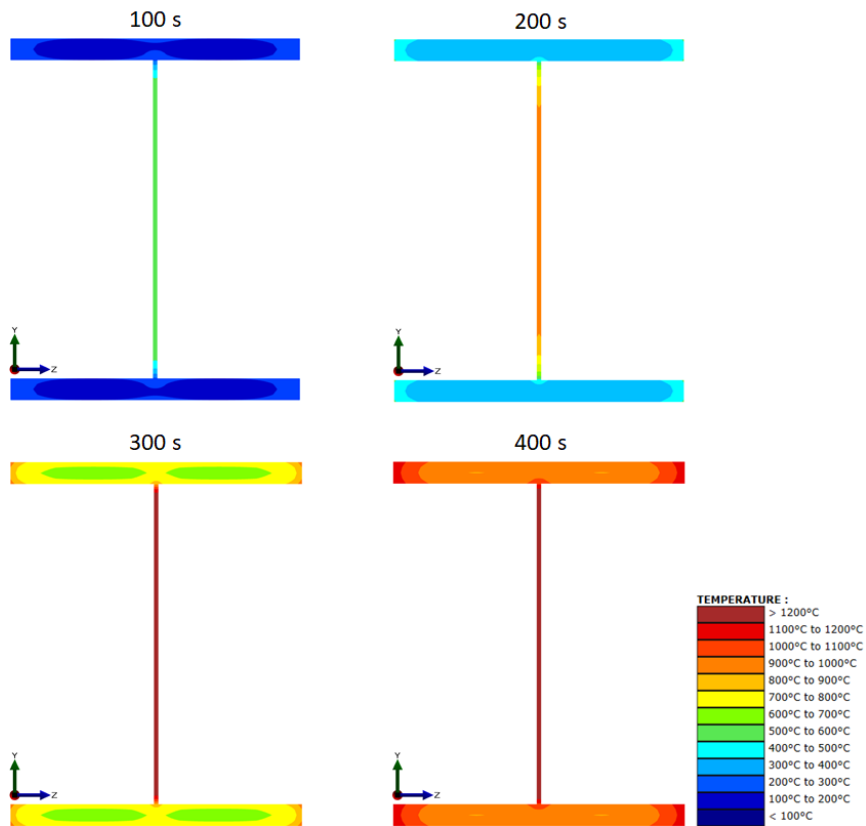


Figure 8-8: Evolution de la carte de température sur la section des PRS\_400x30\_440x6



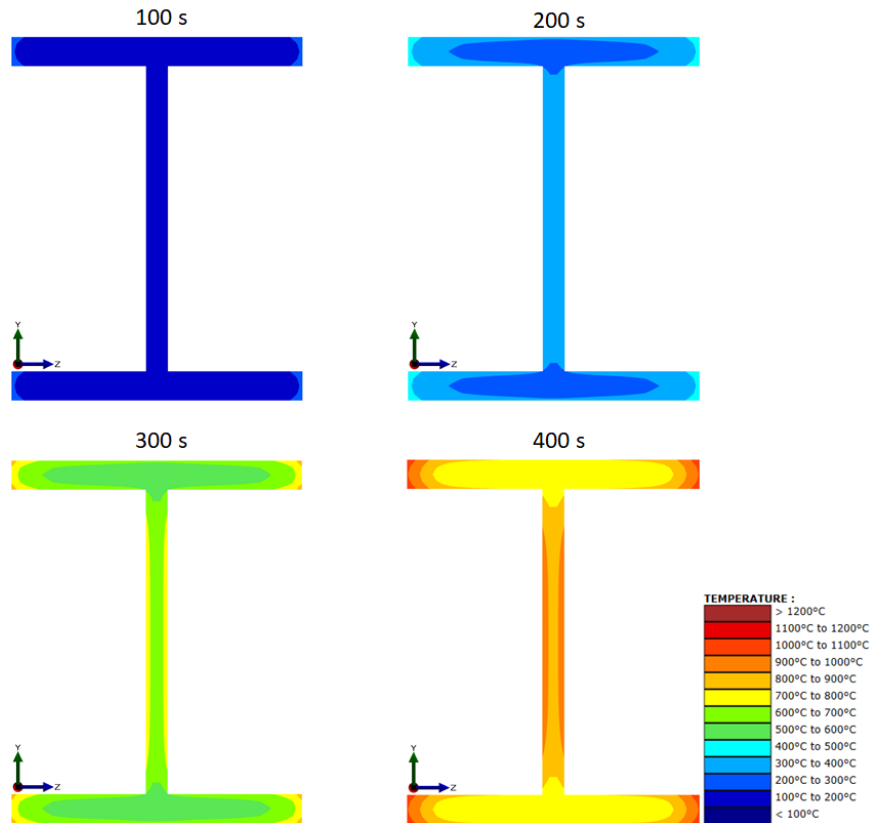
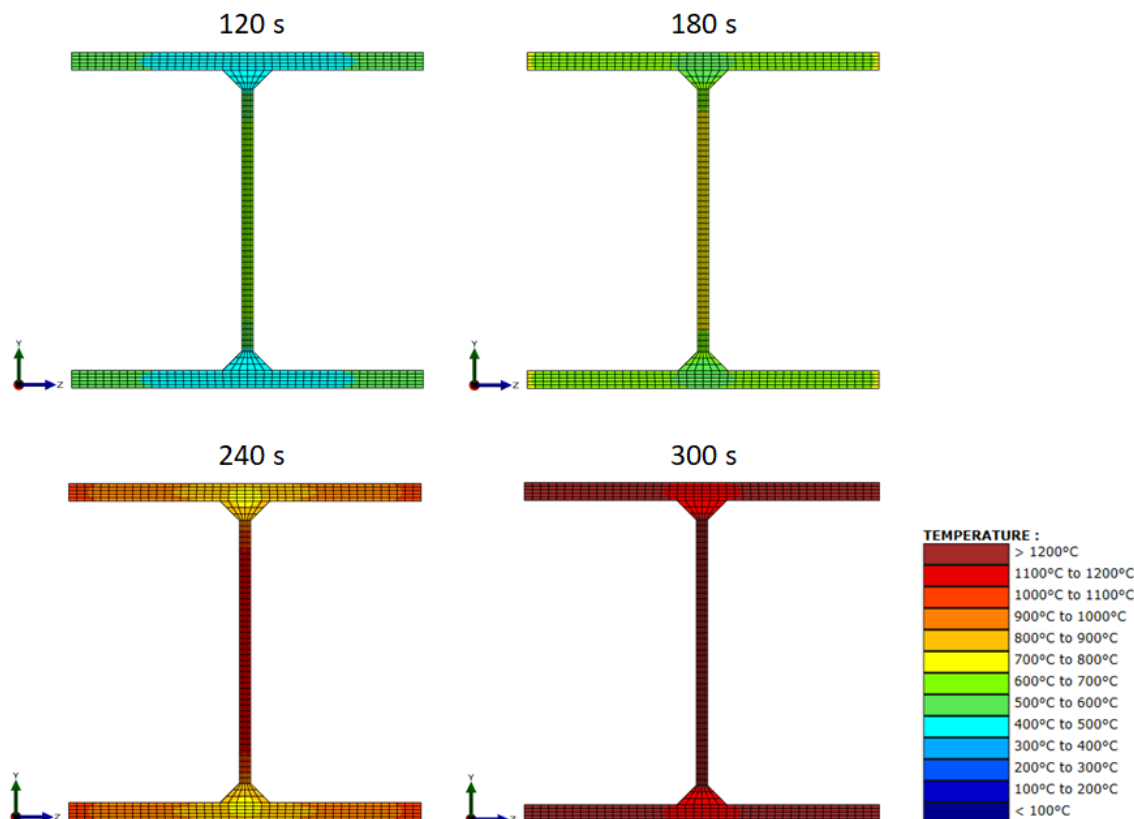


Figure 8-9: Evolution de la carte de température sur la section des PRS\_400x40\_420x30

### 8.6.3. Pannes (HEA 220)



**Figure 8-10: Evolution de la carte de température sur le profilé HEA 220**

### 8.6.4. Analyse des résultats

Les résultats des cartes de températures sur les différentes sections montrent que les éléments de structures, notamment les poteaux, atteignent la température proche de la fusion de l'acier (> 1 200°C) très rapidement (< 6 min). A cette température, aucune tenue mécanique n'est possible (la température critique des éléments de classe 4 étant de 350°C[3]). La structure ne peut plus assurer sa fonction portante, et une ruine brusque du portique est inévitable.

A la lumière de ces résultats, les calculs thermomécaniques complémentaires s'avèrent non nécessaires, voir non réalisables, du fait que les températures atteintes par les sections dépassent le domaine des températures acceptables par le code de calcul par élément fini (SAFIR) et que les poteaux au droit du foyer atteignent des températures proches à la température de fusion de l'acier très tôt. Comme détaillé au §8.1, ce phénomène va engendrer un grand risque de ruine vers l'extérieur à cet endroit, notamment par instabilité locale des poteaux avant le treillis de toiture (voir cas 3 sur la Figure 8-1).

## 9. CONCLUSION ET EXAMEN DES EXIGENCES

---

L'aéroport Châteauroux-Centre souhaite convertir un hangar initialement construit pour le stationnement d'avions en atelier de maintenance. Cette modification entrainera un changement de classification du bâtiment qui se retrouvera soumis à enregistrement au titre de la rubrique 2930 des Installations Classées Pour l'Environnement (arrêté du 12 mai 2020).

Dans ce contexte la société ALPHARE-FASIS SAS a sollicité EFECTIS pour la réalisation de calculs thermomécaniques visant à étudier la ruine du bâtiment afin :

- D'estimer le temps de ruine et
- De s'assurer que la structure ne s'effondre pas sur la voie engin obstruant ainsi son fonctionnement et perturbant l'intervention des services de secours.

Les résultats de l'étude montrent que la structure du hangar, exposé à un feu réel, atteint des températures très élevées (> 1 200°C) très rapidement ( $t < 6$  min). Etant donné que la structure comporte des éléments de Classe 4 dont la température critique peut être relativement faible (350°C [3]), les températures atteintes mèneront à la ruine précoce de la structure du bâtiment.

En ce qui concerne l'exigence de non ruine vers l'extérieur, celle-ci n'est pas respectée. Des températures proches de la température de fusion de l'acier sont atteintes très tôt au niveau du poteau au droit du foyer alors que les poutres atteignent la température critique dans un second temps. Ainsi, comme expliqué au §8.1, le flambement local du poteau engendre un risque important de ruine vers l'extérieur à cet endroit.

Afin de remédier à cette situation, une réduction de la puissance de l'incendie pourrait être envisagée, en réduisant de manière conséquente la quantité de carburant présente dans le hangar. Cette solution peut être accompagnée par l'application d'une protection au niveau des poteaux, ce qui va permettre à ces derniers, d'assurer une tenue mécanique pour une durée plus longue que les éléments structurels de la toiture, et par suite réduire le risque de ruine vers l'extérieur. Ces protections devront être adaptées au type de risque ; les protections standards testés sous incendie conventionnel ISO 834 selon EN 1363-1 ne permettront pas de protéger les éléments de manière adéquate du fait de l'élévation brutale des températures. Le cas échéant, des produits de protection testés sous une courbe de « feu d'hydrocarbures majorée » (HCM) devront être utilisés.

Un système visant à limiter l'accumulation de kérosène sur la surface de l'entrepôt pourrait aussi être considéré.



ETUDE MODE DE RUINE  
AEROPORT DE CHATEAUROUX  
**PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

---

Juin 2021

# CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE & MÉTHODOLOGIE

# CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

---

## □ Projet

- Construction d'un atelier de maintenance d'avions sur l'aéroport de Châteauroux
- Bâtiment soumis à enregistrement au titre de la rubrique 2930 des Installations Classées Pour l'Environnement

## □ Problématique

- Etude mode de ruine
- Analyse de la tenue de la structure sous feu réel

## □ Objet de ce document

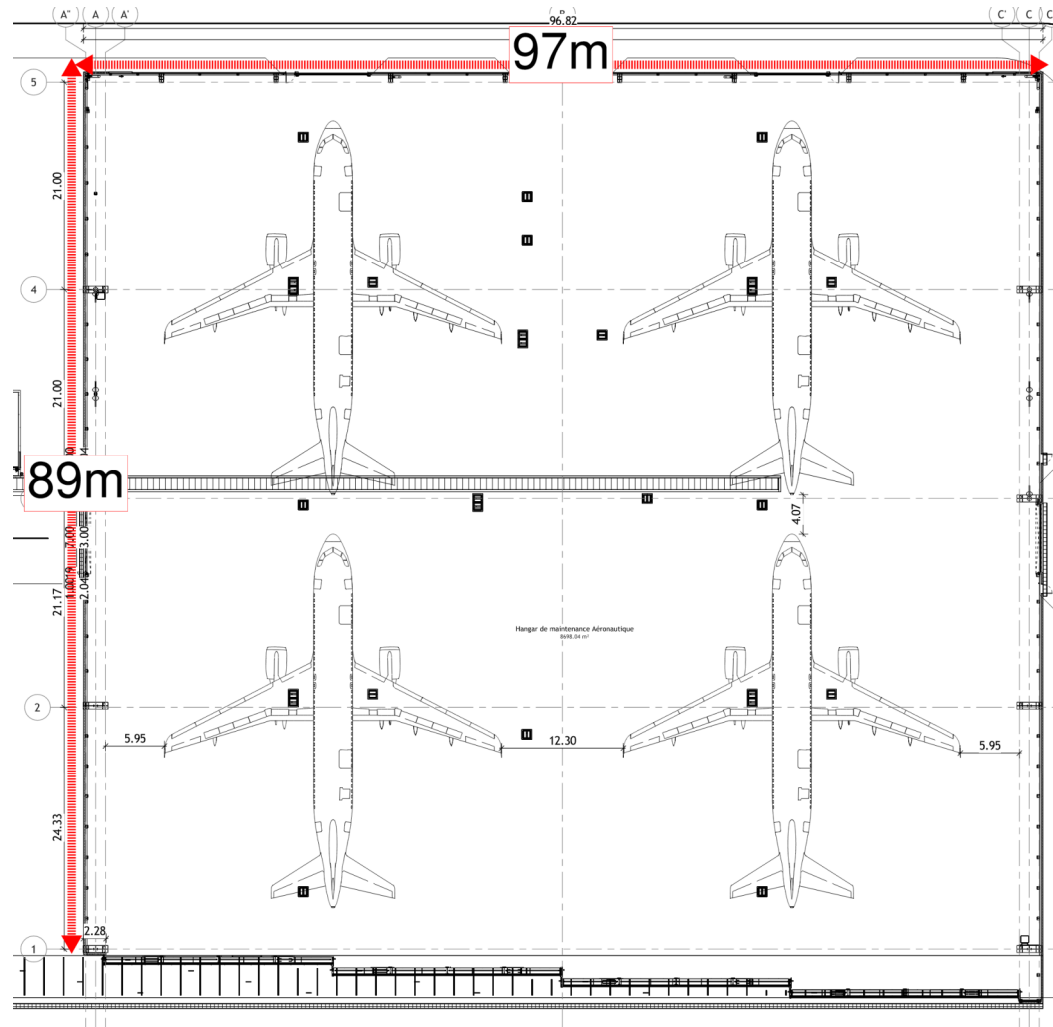
- Présentation des résultats des simulations

## DESCRIPTION DU BÂTIMENT

---

# DESCRIPTION DU BÂTIMENT

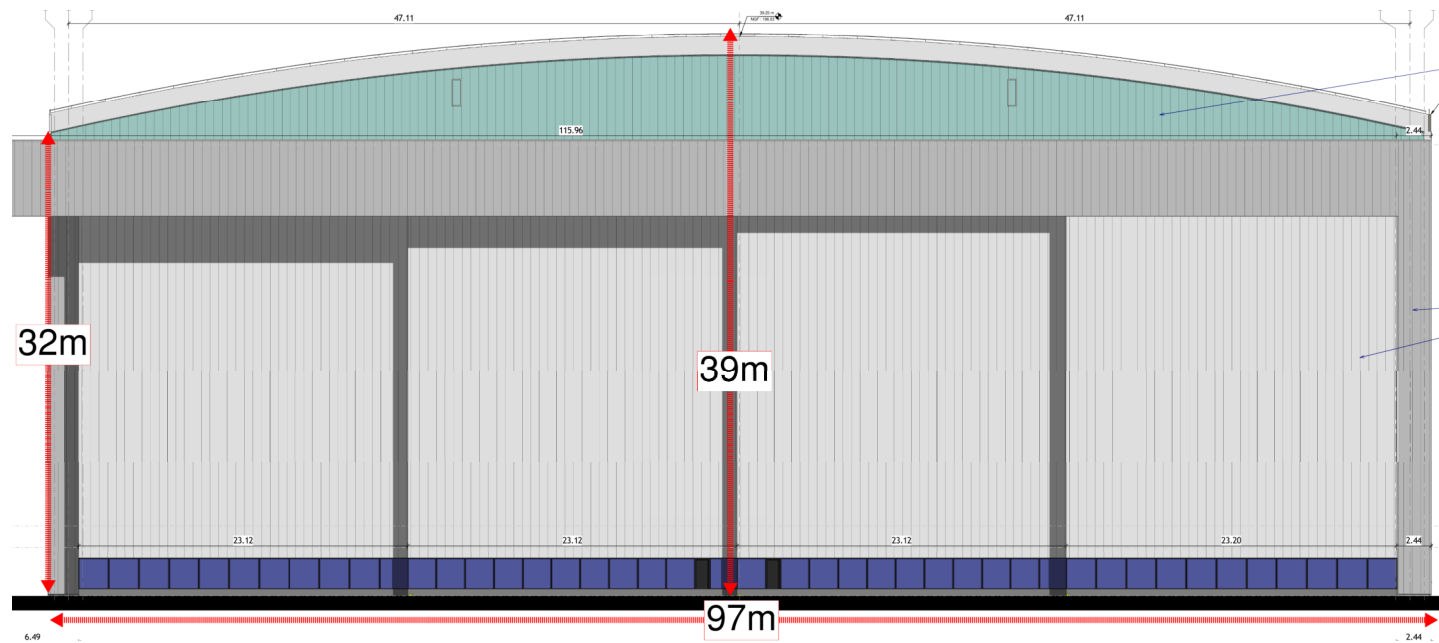
☐ Vue : Plan





# DESCRIPTION DU BÂTIMENT

☐ Vue : Façade Sud



# MÉTHODE D'ANALYSE

---

# MÉTHODE D'ANALYSE

---

1. Calculs de développement de feu : simulations numériques avec code de calcul FDS
2. Sur la base des actions thermiques obtenues dans l'étape précédente, calcul des actions thermiques sur les éléments de structure à l'aide d'un logiciel de calcul au élément finis ou à l'aide des formules simplifiées définies dans l'Eurocode 3 Partie 1-2
3. Analyse du comportement au feu de la structure porteuse du hangar à l'aide d'un logiciel de calculs aux éléments finis afin de déterminer :
  - Le mode de ruine
  - Le temps de ruine

# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

---

# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

---

## Scénario modélisé

Configuration n°1 (Plan AR 103)	Nb	Fuellé	Capacité total réservoir	% de fuel pris en compte (L)	Capacité fuel retenue (L) par avion
Position avancée					
A320	2	Non	29 659	0%	0
Position arrière					
A320	2	oui	29 659	98,5%	29214,115

# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

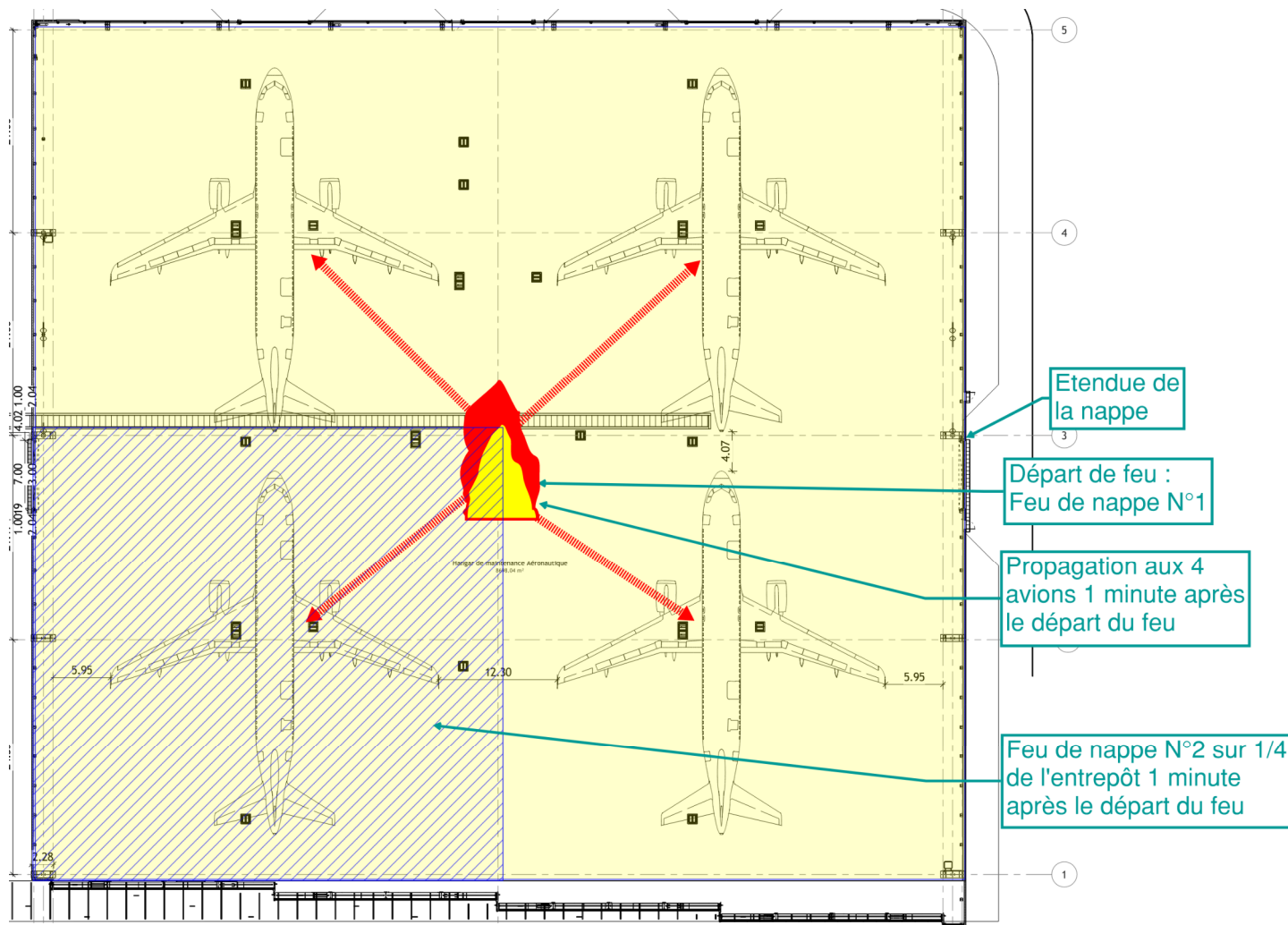
---

## ☐ Scénario modélisé

1. Feu de nappe
  - Nappe recouvrant 100% du bâtiment avant départ de feu
  - Quantité de kérosène basée sur le cas le plus défavorable (configuration 1)
  
2. Propagation à l'ensemble des A320 après une minute (valeur forfaitaire)
  
3. Feu de nappe supplémentaire sur  $\frac{1}{4}$  du bâtiment lié à la rupture des réservoirs du 2<sup>ème</sup> avion fuellé (départ du feu en simultané avec les avions)

# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

## ❑ Scénario modélisé



# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

---

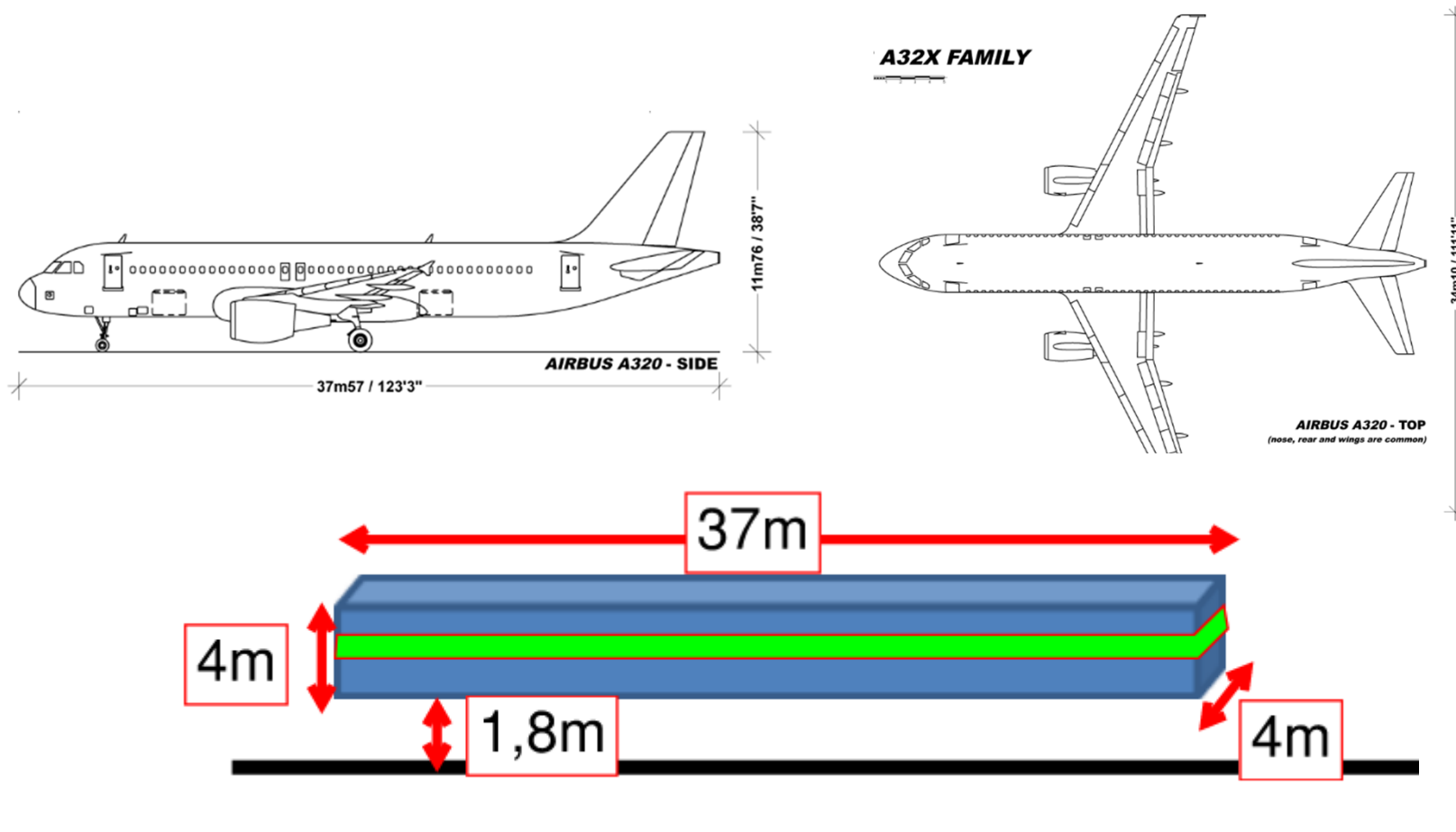
A noter : scénario basé sur une succession d'évènements ayant une faible probabilité :

- Prise en compte de la configuration comportant la quantité la plus pénalisante de kérosène
- Epandage complet et homogène du kérosène dans l'entrepôt
- Kérosène recouvrant de manière parfaite la surface totale de l'entrepôt (pas de prise en compte de déversement éventuel dans caniveau en limite d'entrepôt)
- Pas de prise en compte de l'évaporation de la nappe avant départ de feu
- Pas de prise en compte de la présence d'un système d'extinction automatique du fait de la non compatibilité avec la cinétique envisagée et des incertitudes numériques concernant la modélisation de ces systèmes
- Portes de l'entrepôt considérées ouvertes dès le début d'incendie afin que la ventilation ne contrôle pas le développement de l'incendie



# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

- A320 – Représentation (source [https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A320](https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320))



# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

## ☐ Feu de nappe N°1

- 'Pool fire' selon l'Eurocode
- Epanchage sur la surface entière de l'entrepôt

Description du foyer			
Surface de la nappe	A	(m <sup>2</sup> )	8536
Epaisseur de la nappe	e	(m)	0,0034
Volume de combustible	V	(m <sup>3</sup> )	29,214
Diamètre équivalent circulaire	D	(m)	104,251
Nature du combustible			<b>Kerosine</b>
Débit massique de combustion asymptotique	m"	(kg/m <sup>2</sup> /s)	0,039
Chaleur de combustion	ΔHc	(kJ/kg)	43200
Masse volumique	ρ	(kg/m <sup>3</sup> )	820
Constante empirique	kβ	(1/m)	3,5
Vitesse de disparition de la nappe	v <sub>max</sub>	(m/s)	4,8E-05
Température ambiante	T <sub>amb</sub>	[°C]	20
Masse volumique de l'air ambiant	ρ <sub>amb</sub>	(-)	1,205
Accélération gravitationnelle	g	(m/s <sup>2</sup> )	9,81

Sorties			
Vitesse de disparition de la nappe	m"	(g/m <sup>2</sup> /s)	39,0
		(m/s)	4,76E-05
		mm/min	2,85
		% v <sub>max</sub>	100,00%
Débit calorifique du foyer	Q	(kW)	14381452,8
		(MW)	14381,45
		(kW/m <sup>2</sup> )	1684,8
		(MW/m <sup>2</sup> )	1,7
Charge calorifique		MJ	1034877
		(MJ/m <sup>2</sup> )	121
Durée de combustion	t <sub>g</sub>	(s)	72
		(h)	0h1min

# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

## ☐ Feu de nappe N°2

- 'Pool fire' selon l'Eurocode
- Epandage sur ¼ de l'entrepôt

Description du foyer			
Surface de la nappe	A	(m <sup>2</sup> )	2134
Epaisseur de la nappe	e	(m)	0,0137
Volume de combustible	V	(m <sup>3</sup> )	29,214
Diamètre équivalent circulaire	D	(m)	52,126

Nature du combustible			<b>Kerosine</b>
Débit massique de combustion asymptotique	m''	(kg/m <sup>2</sup> /s)	0,039
Chaleur de combustion	ΔHc	(kJ/kg)	43200
Masse volumique	ρ	(kg/m <sup>3</sup> )	820
Constante empirique	kβ	(1/m)	3,5
Vitesse de disparition de la nappe	v <sub>max</sub>	(m/s)	4,8E-05

Température ambiante	T <sub>amb</sub>	[°C]	20
Masse volumique de l'air ambiant	ρ <sub>amb</sub>	(-)	1,205
Accélération gravitationnelle	g	(m/s <sup>2</sup> )	9,81

Sorties			
Vitesse de disparition de la nappe	m''	(g/m <sup>2</sup> /s)	39,0
		(m/s)	4,76E-05
		mm/min	2,85
		% v <sub>max</sub>	100,00%

Débit calorifique du foyer	Q	(kW)	3595363,2
		(MW)	3595,36
		(kW/m <sup>2</sup> )	1684,8
		(MW/m <sup>2</sup> )	1,7
Charge calorifique		MJ	1034877
		(MJ/m <sup>2</sup> )	485

Durée de combustion	t <sub>B</sub>	(s)	288
		(h)	0h4min

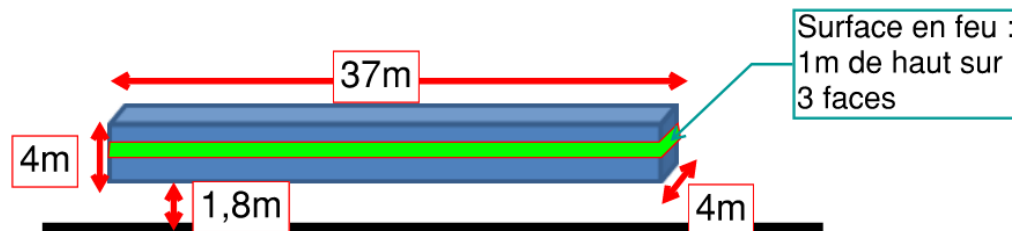
# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

## ☐ Feu A320

- 20% du poids de l'appareil est en matériaux synthétique (source : rapport Flumilog – tableau ci-dessous) soit environ 10t

Composition	Pourcentage	Matériau retenu en modélisation FLUMILOG
Aluminium	60 %	Aluminium
Autres métaux	20 %	Acier
Matières synthétiques	20 %	Synthétique

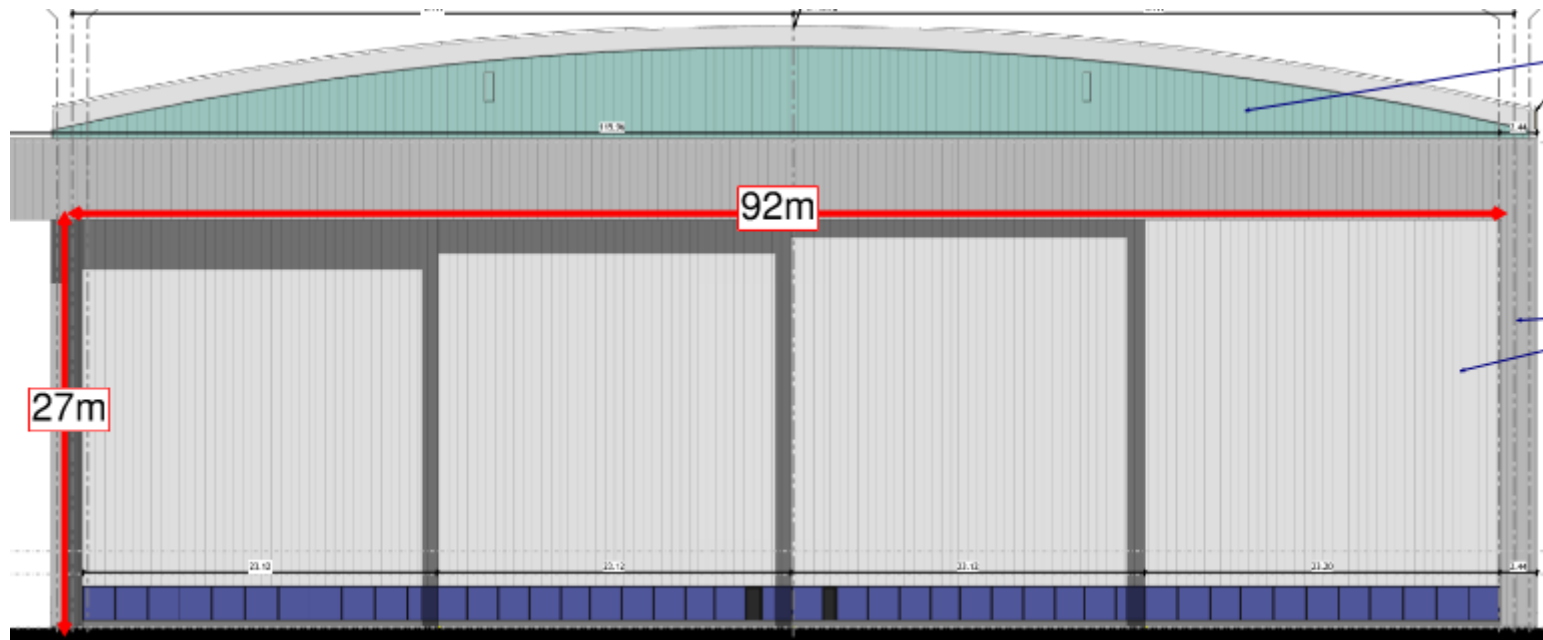
- Proposition de représenter ces matériaux par du plastique
  - ✓ 500kW/m<sup>2</sup>
  - ✓ 26 MJ/kg
- Départ de feu : 1 minute (valeur forfaitaire) après le début du feu de nappe
- Cinétique : rapide - pic atteint lors de la décroissance du feu de nappe
- Feu sortant des hublots représentés de manière simplifiée comme illustré ci-dessous



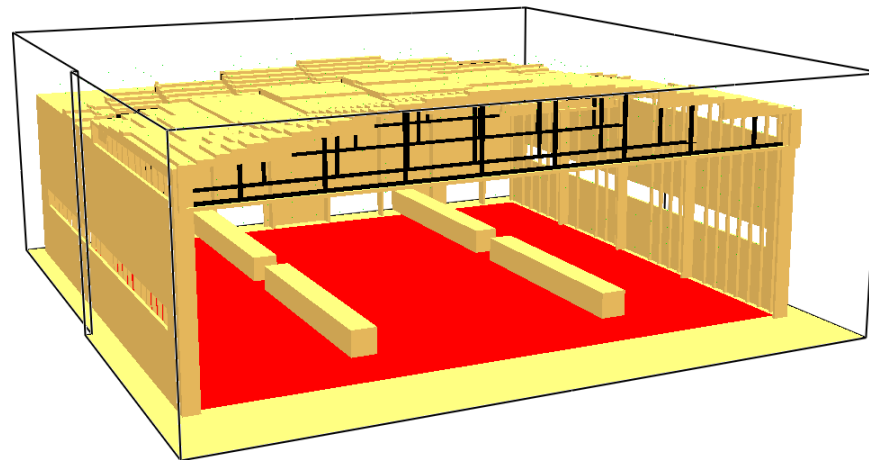
# RAPPEL DU SCÉNARIO INCENDIE

## ☐ Ventilation

- Portes Sud considérées ouvertes



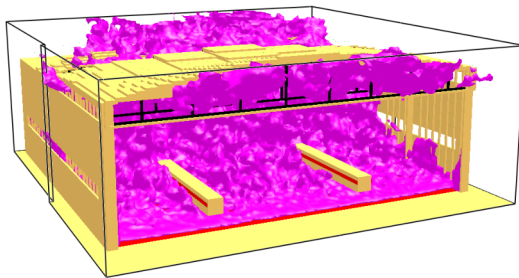
## SIMULATIONS NUMÉRIQUES AVEC CODE DE CALCUL FDS



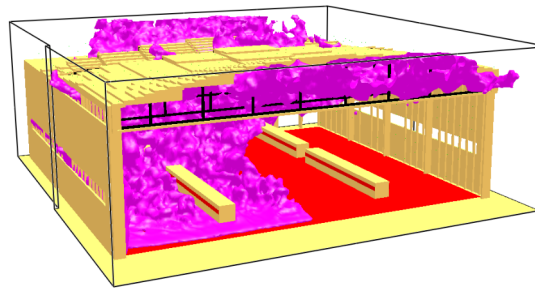
# SIMULATIONS NUMÉRIQUES AVEC CODE DE CALCUL FDS

## ☐ ISO Temperature 500°C

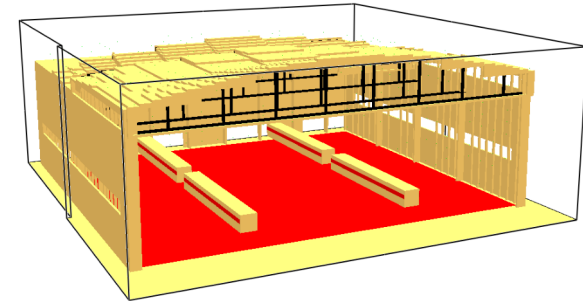
T=60s



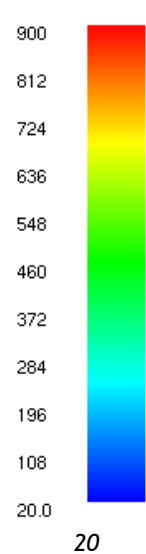
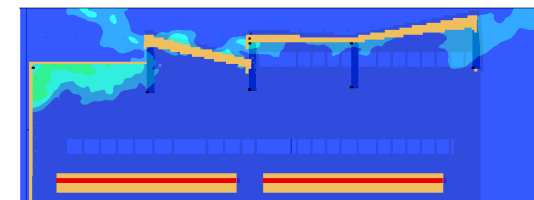
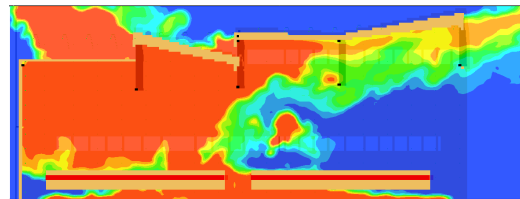
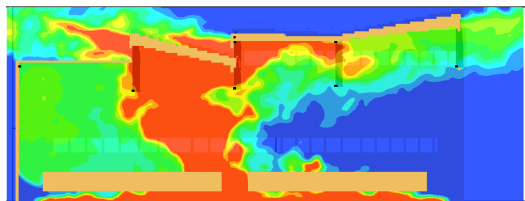
T=120s



T=410s



## ☐ Température axe du foyer

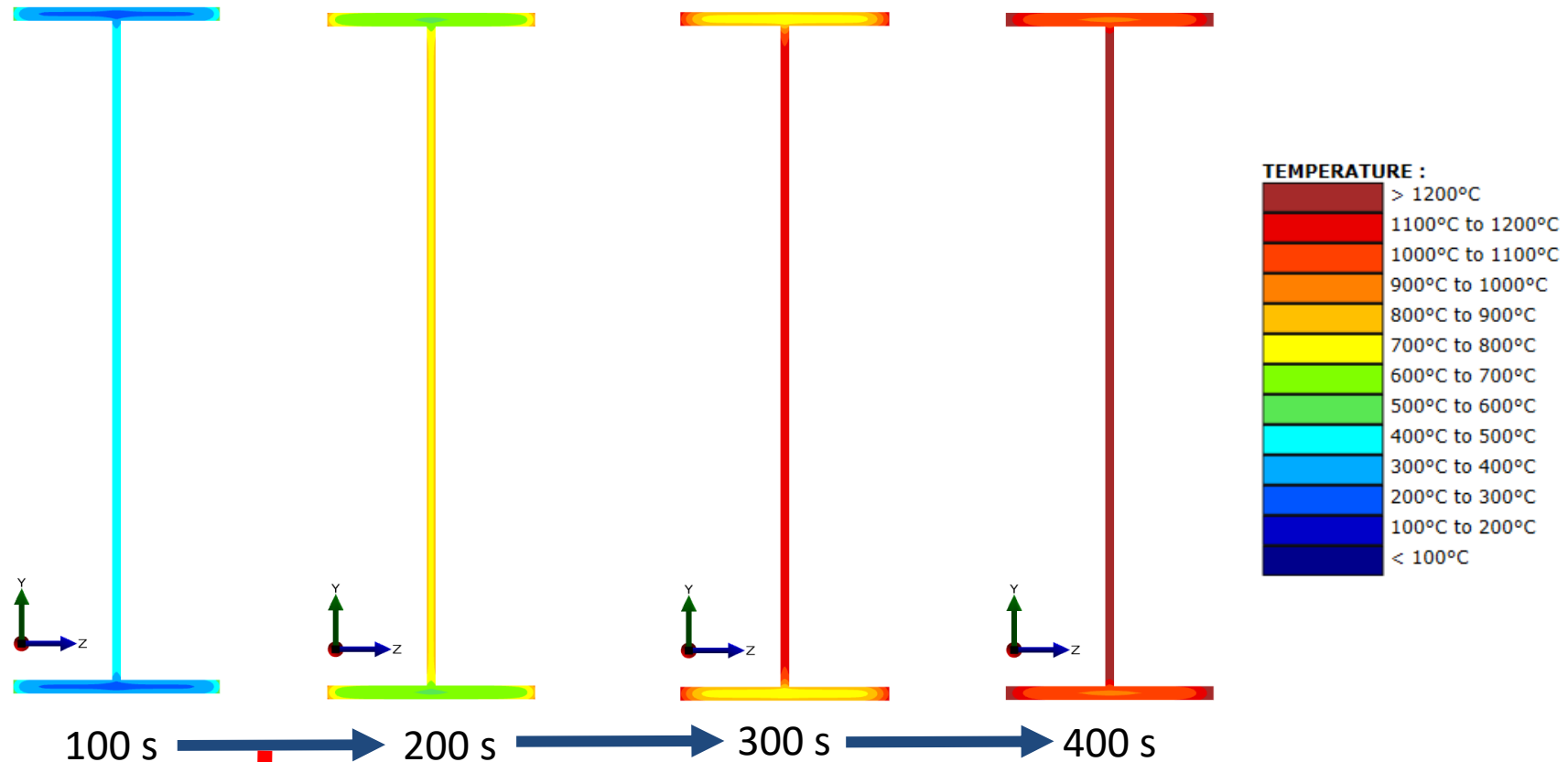


# CALCUL DES ACTIONS THERMIQUES SUR LES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE



# CALCUL DES ACTIONS THERMIQUES SUR LES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

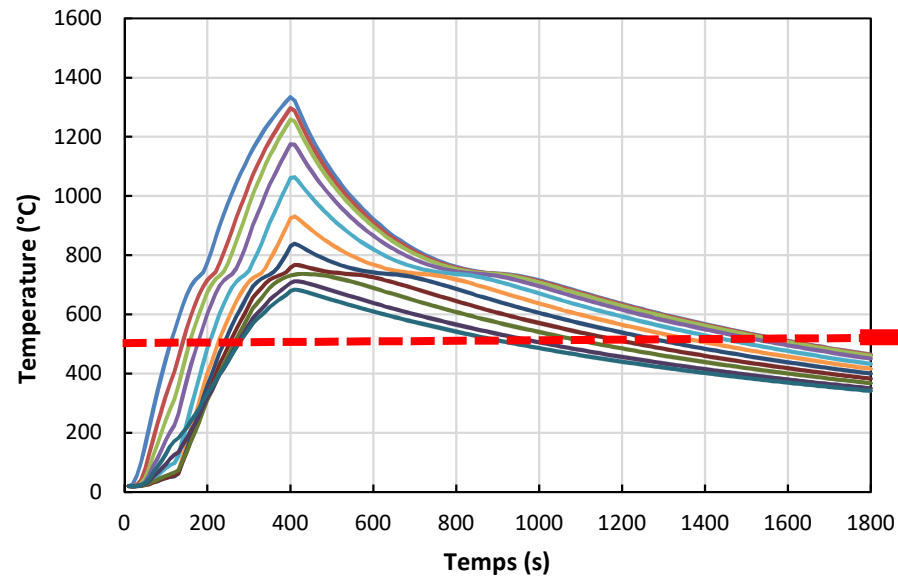
□ PRS 600x40-1920x25 poteau



Température critique  
forfaitaire de l'acier : 500°C

# CALCUL DES ACTIONS THERMIQUES SUR LES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

□ PRS 600x40-1920x25 poteau

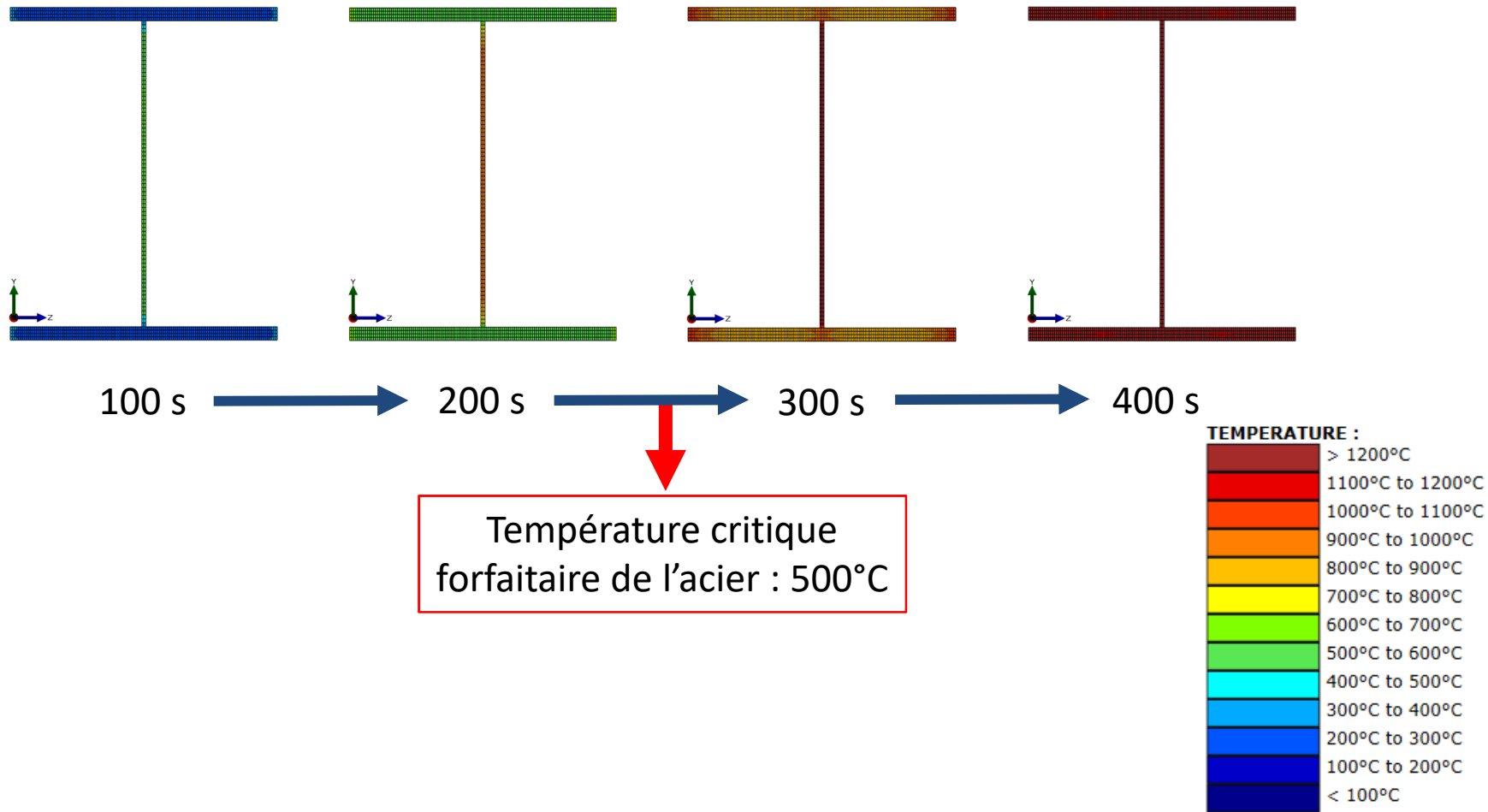


Température critique forfaitaire de l'acier : 500°C

Courbe d'évolution de la température au milieu de l'âme en fonction du temps et de la hauteur pour le poteau proche du foyer

# CALCUL DES ACTIONS THERMIQUES SUR LES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

□ PRS 400x20-460x6 Poutres



# CONCLUSION

---

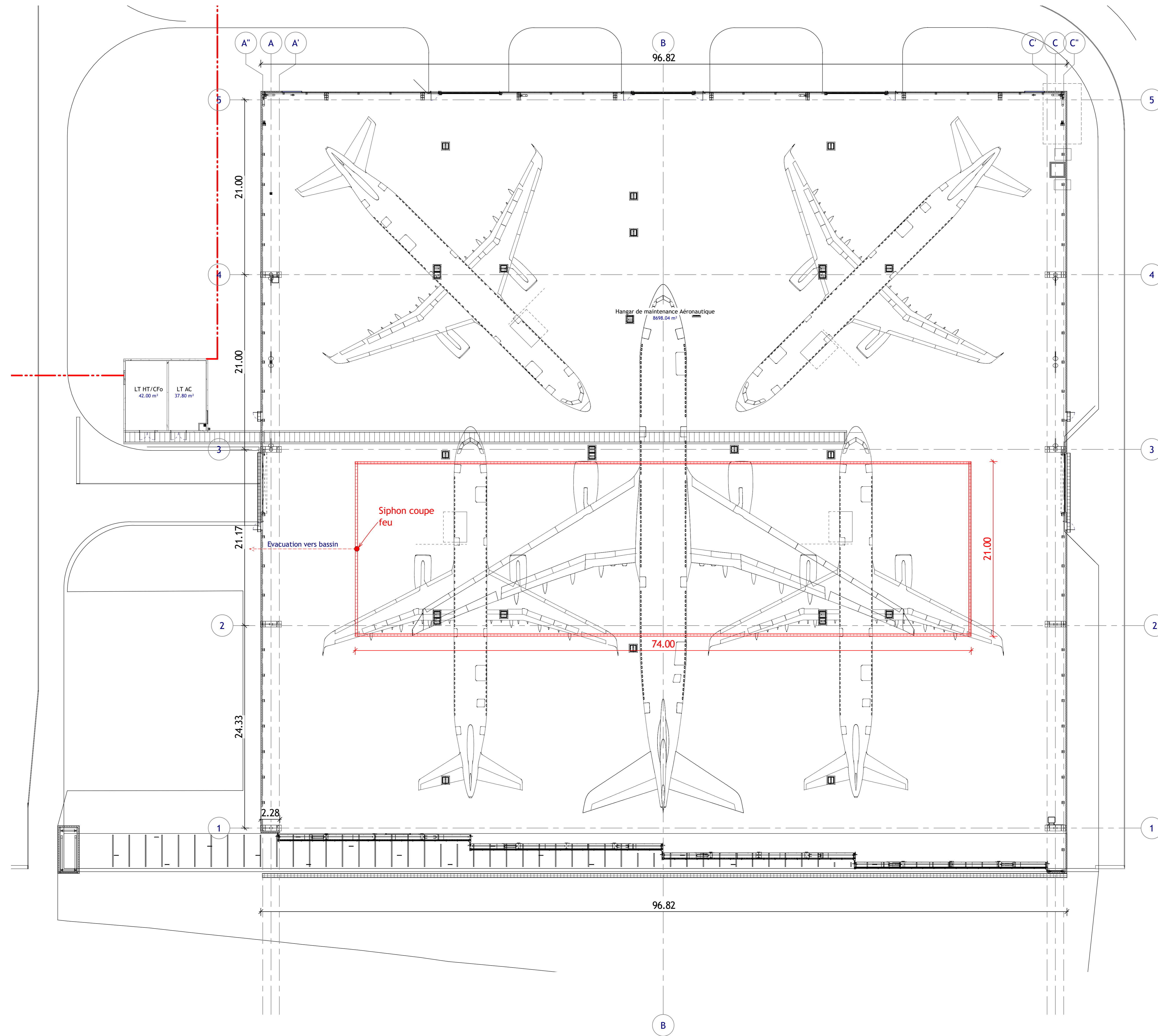
# CONCLUSION

---

- ❑ Du fait des feux de nappes, atteinte de la température critique forfaitaire des éléments structuraux intervenant très rapidement (moins de 4 minutes pour les poteaux)
  
- ❑ Solutions pouvant être envisagées :
  - Option 1: Mise en place d'un système de caniveaux pour :
    - ✓ Limiter l'accumulation de kérosène,
    - ✓ Réduire la surface de nappe (exemple: 1/4 du bâtiment) et
    - ✓ Empêcher la nappe d'atteindre les poteaux
  - Option 2 : Limiter la quantité du fuel dans les avions (à considérer avec la 1<sup>ère</sup> option)
  - Option 3: Ne permettre que des avions non fuellés à l'intérieur du bâtiment

Ces solutions nécessiteront des modélisations complémentaires.





**CONSTRUCTION D'UN HANGAR DE MAINTENANCE ET D'UNE TOUR DE CONTRÔLE**

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

**EPIC AEROPORT CHATEAUROUX CENTRE**  
RD 820  
36150 DEOLS

AVENSIA  
Imprimeur de la Devinière  
37170 CHAMBRAY-LES-TOURS  
Tél: +33 (0)2.47.41.79.35

CRESCENDO Conseil  
17 Place Saint-Hippolyte  
36100 CHATEAUROUX  
Tél: +33 (0)2.18.47.72.52

ARCHITECTE : **CTV** SAS CALVO TRAN VAN  
91 allées Chères de Pitte  
31300 TOULOUSE  
Tél: +33(0)5.61.25.44.74

ARCHITECTE ASSOCIÉ : **16** NICOLE TURPIN  
16 Rue Jacques Sadron  
36000 CHATEAUROUX  
Tél: +33(0)5.54.27.60.36

BUREAU D'ETUDES YRD : **setec international** SETEC INTERNATIONAL  
5 Chemin des Gorges de Cahy  
13127 MITRAILES  
Tél: +33(0)4.86.15.60.00

ECONOMISTE : **BET DELOMÈNE**  
12 Rue Robert Schuman  
87170 ISLE  
Tél: +33 (0)5.55.28.34.96

ACOUSTICIER : **DELHOM ACOUSTIQUE**  
S.A. de Travaux Loc 1  
31470 BONREPPOS SUR  
AUSSONNELLE  
Tél: +33 (0)5.61.91.64.90

COORDONNATEUR OPC : **BET DELOMÈNE**  
12 Rue Robert Schuman  
87170 ISLE  
Tél: +33 (0)5.55.28.34.96

BUREAU DE CONTRÔLE : **BUREAU VERITAS**  
551, Zone Aéroportuaire,  
Rue S. Arriatou  
36130 DEOLS  
Tél: +33(0)2.54.22.92.95

COORDONNATEUR SPS : **Qualiconsoft**  
491 Boulevard Duhamel  
de Honnaye  
CS 10 627  
45166 OLIVET CEDEX  
Tél: +00 (0)2.38.49.32.00

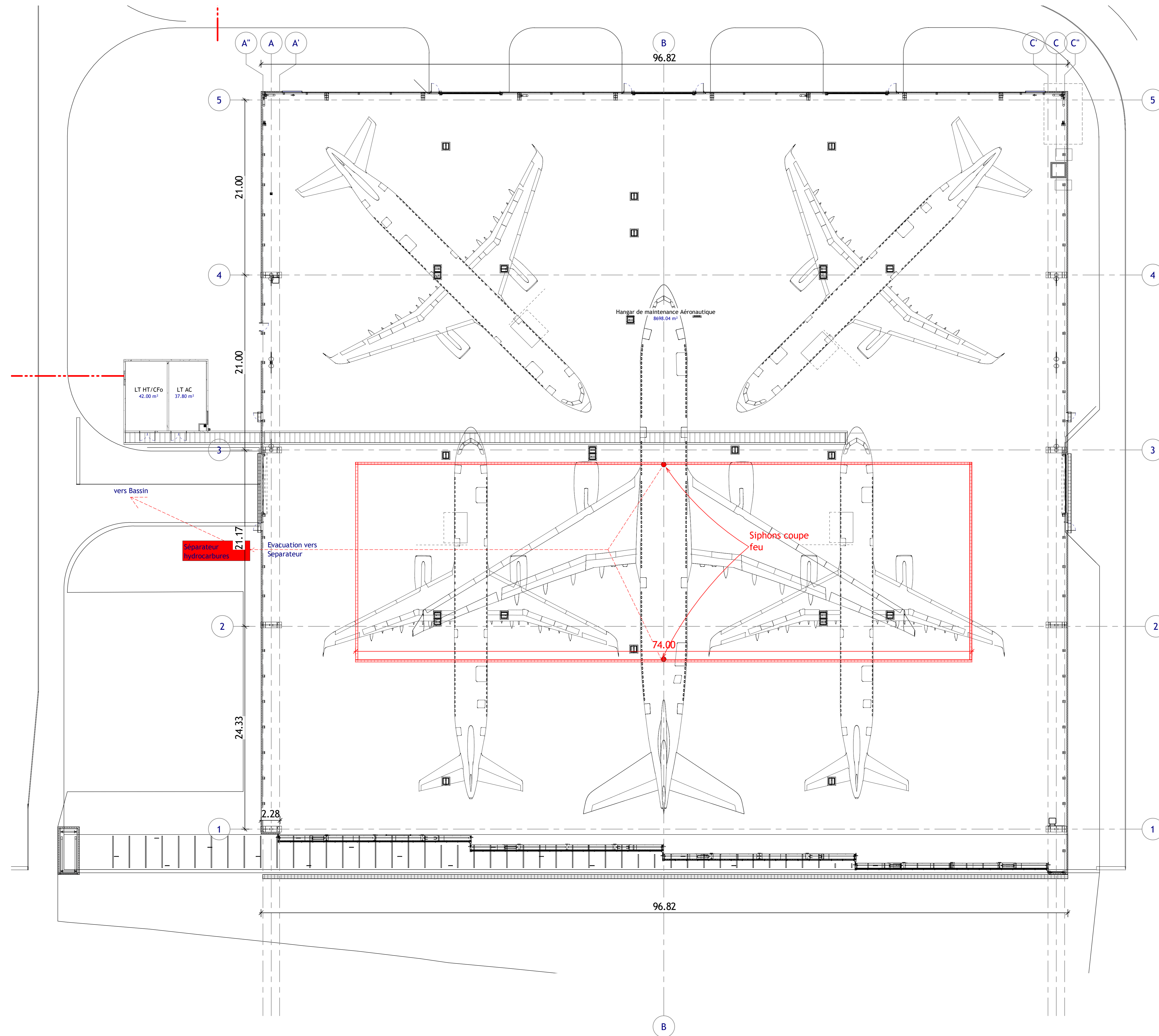
ENTREPRISE

**Plan hall avion avec caniveaux**

IND.	DATE	PREMIERE DIFFUSION	NATURE DE LA MODIFICATION	ETABLI PAR	VERIFIE PAR
0	02/09/2021	02/09/2021	PREMIERE DIFFUSION		

PROJET	BAT.	NIVEAU	PHASE	EMETTEUR	LOT	TYPE	N° DOC.	IND.	DATE	ECHELLE
CHT	HA	RDC	DET	CTV	ARC	PLN	AR111	0	02/09/2021	1 : 200





**CONSTRUCTION D'UN HANGAR DE MAINTENANCE ET D'UNE TOUR DE CONTRÔLE**

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

**AÉROPORT CHATEAUROUX CENTRE MARCEL DASSAULT**

AMO : AVENSIA, CRESCENDO Conseil, CRES ENVO

AVENSIA: 17170 CHAMBRAY-LES-TOURS  
CRESCENDO Conseil: 17 Place Saint-Hippolyte, 36 000 CHATEAUROUX

ARCHITECTE : SAS CALVO TRAN VAN  
ARCHITECTE ASSOCIÉE : NICOLE TURPIN  
BUREAU D'ETUDES YRD : SETEC INTERNATIONAL

ARCHITECTE ASSOCIÉE : NICOLE TURPIN  
BUREAU D'ETUDES : SETEC INTERNATIONAL

ECONOMISTE : BET DELOMÈNE  
ACOUSTICIER : DELHOM ACOUSTIQUE

COORDONNATEUR OPC : BET DELOMÈNE  
COORDONNATEUR SPS : QUALICONSULT

BUREAU DE CONTRÔLE : BUREAU VERITAS  
COORDONNATEUR SPS : QUALICONSULT

ENTREPRISE :

**Plan hall avion avec caniveaux**

IND.	DATE	NATURE DE LA MODIFICATION	ETABLÉ PAR	VERIFIÉ PAR
A	06/09/2021	Mise à jour caniveaux		
B	02/09/2021	Première diffusion		

PROJET	BAT.	NIVEAU	PHASE	EMETTEUR	LOT	TYPE	N° DOC.	IND.	DATE	ECHELLE
CHT	HA	RDC	DET	CTV	ARC	PLN	AR111	A	06/09/2021	1 : 200



serige

setec

[www.setec.fr](http://www.setec.fr)

Je, soussigné Gilles Cuvelier, Directeur Général de Serige (groupe setec) en charge de la conception de la protection incendie du projet du MRO de l'aéroport de Châteauroux certifie que :

En considérant que le hall fait partie de « Group I Aircraft Hangar », selon définition chapitre 4.1.1 de la NFPA 409 Ed. 2016

Conçue sur la base du chapitre « 6.1.2 de la NFPA 409 (qui fait référence au Chapitre 12 de la NFPA) :

La tranche ferme du dossier technique du 22 Novembre 2021 Ind.E de l'installation de protection incendie dudit bâtiment **est conforme à la NFPA 409 pour des avions defuellés\*** sur toute la surface du hall (Selon définition Chapitre 3.1.15 de la NFPA) avec les **déviations** suivantes :

- *Tuyau DN 600 entre cuve et poste incendie est non agréé FM*
- *Il manque un local de renvoi d'alarmes constamment occupé par des opérateurs*

Conçue sur la base des chapitres 6.2.2 et 6.2.3 de la NFPA 409 :

La tranche optionnelle du dossier technique de l'installation de protection incendie dudit bâtiment **sera conforme à la NFPA 409 Ed. 2016 pour des avions fuellés** dans la zone rectangulaire encadrée par le caniveau central\*\* avec les **déviations** suivantes :

- *Absence de pente 0,5% en façade de hangar jusqu'à un caniveau extérieur situé à 15 m de ladite façade*
- *Tuyau DN 600 entre cuve et poste incendie est non agréé FM*
- *Il manque un local de renvoi d'alarmes constamment occupé par des opérateurs*

\* Nota 1 : si des avions fuellés sont positionnés dans le hall sans que soit affirmée et étudiée la tranche conditionnelle (dopage mousse), le hall n'est pas conforme à la NFPA

\*\* Nota 2 : si des avions fuellés sont positionnés hors de la zone rectangulaire encadrée par le caniveau central il faut ajouter la **déviations** suivante :

- *Absence de pente 0,5% dans ladite zone*

Pour faire valoir ce que de droit

Le 10 décembre 2021

Gilles Cuvelier



serige - groupe setec  
Centre de Gros  
7 rue André Clou  
31094 TOULOUSE CEDEX 1  
FRANCE

Tel : +33 5 62 20 18 28  
Fax : +33 5 62 20 18 63  
[serige@serige-setec.fr](mailto:serige@serige-setec.fr)

Serige - Centre de Gros 7 rue André Clou 31094 TOULOUSE CEDEX 1 - SARL au capital 31000€ - RCS TOULOUSE 12 715 062 - TVA FR 0612170069





Déols, le 8 décembre 2021

DIRECTION GENERALE DE  
L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET  
DU LOGEMENT

AFFAIRE SUIVIE PAR M. JOSUE PLOQUET  
CHEF DE SUBDIVISION DE L'INDRE

Réf : AJ21093

Votre réf : JP-LComp2-Vallair-2021

Sujet : Demande d'enregistrement – hangar de maintenance aéronautique – complément d'information

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de la demande d'enregistrement en objet, et pour faire suite à votre courrier du 24 novembre 2021, je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint les compléments d'information demandés au sujet du bassin de rétention :

PJ

- Détail de calcul de besoin en eau et rétention des eaux incendie – Document technique D9 / D9A (version 1 03/12/2021)
- Relevé topographique du bassin - volume réel construit soit 2 343 m3.

Veillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos respectueuses salutations.

Armel JEZEQUEL  
Directeur Général Délégué  
Tel : 02 54 22 61 80  
armel@vallair.aero

> **Value Beyond Service**

VALLAIR INDUSTRY SAS  
Au capital de 346,900 € - RCS – 820 716 355  
770 Rue Georges Clemenceau, 36130 Déols  
TVA : FR 17 820 716 355 – Tel : +33 (0) 2 54 22 61 80

[www.vallair.aero](http://www.vallair.aero)

## I. RENSEIGNEMENTS

Site :	VALLAIR	Commune :	Châteauroux Déols
Activité du site :	<i>Hangar de maintenance aéronautique d'une surface de 8 698 m<sup>2</sup>, accueillant une activité de transformation et de maintenance aéronautique.</i>		
Produits stockés :	<i>Absence de stockages dans le hangar, présence uniquement de kérosène dans les avions.</i>		

## II. DETAIL DU DIMENSIONNEMENT DES BESOINS EN EAU POUR LA DEFENSE EXTERIEURE CONTRE L'INCENDIE, SELON LE GUIDE TECHNIQUE D9

### Surface de référence

*L'établissement se compose d'un hangar accueillant l'activité du site. La surface de référence retenue pour le calcul D9 est donc la surface du hangar, soit 8 698 m<sup>2</sup>. Le hangar n'accueillera pas de stockage, seule l'activité est prise en compte (le kérosène résiduel contenu dans les avions n'est pas considéré comme du stockage mais en lien avec l'activité).*

### Hauteur de stockage

*Comme précisé dans le nota (1) de la feuille de calcul, pour les activités, le coefficient à retenir est égal à 0.*

### Type de construction

*Selon les informations transmises par la gestion de projet de la construction (MO / MOE), il est considéré une résistance mécanique de l'ossature « R » inférieure à 30 minutes. Un coefficient de + 0,1 est donc appliqué.*

### Matériaux aggravants

*Selon les informations transmises par la gestion de projet de la construction (MO / MOE), un bardage translucide en polycarbonate (caractéristiques B-S1-d0) est utilisé pour l'éclairage zénithal. Ce matériau est à considérer comme aggravant selon le nota (5) de la feuille de calcul : « bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ».*

### Types d'interventions internes

*Il sera installé un système de détection automatique d'incendie « DAI » généralisée reportée 24h/24 et 7j/7 en télésurveillance avec des consignes d'appels. Un coefficient de - 0,1 est donc appliqué.*

### Catégorie de risque

*La catégorie de risque est fonction du classement des activités disponible dans les fascicules du guide pratique de la D9. Pour l'activité considérée « Construction et réparation d'avions », le fascicule F donne pour l'activité 9 une catégorie 2 en cas de présence de carburant dans les avions.*

### Risque protégé par une installation d'extinction automatique à eau

*Il est prévu l'installation d'un système d'extinction automatique à eau de type sprinkler. La réponse apportée dans le calcul est « OUI » ce qui divise le débit calculé par 2.*

## Débit retenu

Le débit calculé avec les paramètres donnés ci-dessus est de 430,55 m<sup>3</sup>/h. Le débit retenu est un arrondi au multiple de 30 m<sup>3</sup>/h le plus proche, soit **420 m<sup>3</sup>/h**.

## III. DETAIL DU DIMENSIONNEMENT DES RETENTIONS DES EAUX D'EXTINCTION, SELON LE GUIDE TECHNIQUE D9A

### Besoins pour la lutte extérieure

Le besoin pour la lutte extérieure est le résultat du guide pratique D9 (420 m<sup>3</sup>/h) multiplié par un facteur de 2 pour correspondre à deux heures de besoins, soit **840 m<sup>3</sup>** pour 2 heures d'extinction.

### Moyens de lutte intérieure contre l'incendie

Sont prévus dans le cadre du présent dossier :

- ✓ Un système d'extinction automatique d'incendie de type Sprinkler, disposant de réserves d'eau localisés à l'extérieur du bâtiment. ajoutant un volume au calcul de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinctions de **734 m<sup>3</sup>** (valeur donnée par le MO-MOE selon NFPA pour 1h de protection) ;
- ✓ Des robinets incendie armés répartis dans le hangar, volume d'eau à négliger, selon le guide pratique D9A.

### Volume d'eaux liées aux intempéries

La surface de drainage, communiquée par le MO-MOE, représente une surface de 24 600 m<sup>2</sup> soit un volume d'eaux liées aux intempéries de **246 m<sup>3</sup>** avec 10 l/m<sup>2</sup> de surface de drainage demandés par le guide pratique D9A.

### Présence de stock de liquide

Il est prévu, pour seules capacités liquides considérées dans le hangar, le kérosène présent dans les ailes des avions en activités de maintenance, soit un volume total de 29 200 litres au maximum. Il est donc ajouté au calcul de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinctions, 20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume, soit **5,84 m<sup>3</sup>** de liquides de type kérosène (correspondant à 20% de 29,2 m<sup>3</sup>).

### Volume total de liquide à mettre en rétention

Le volume total de liquide à mettre en rétention, calculé avec les paramètres donnés ci-dessus est de **1 826 m<sup>3</sup>**.

## IV. ANNEXES

Annexe I => Note de calcul de dimensionnement des besoins en eau pour la défense extérieure contre l'incendie, selon le guide technique D9

Annexe II => Note de calcul de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction, selon le guide technique D9A

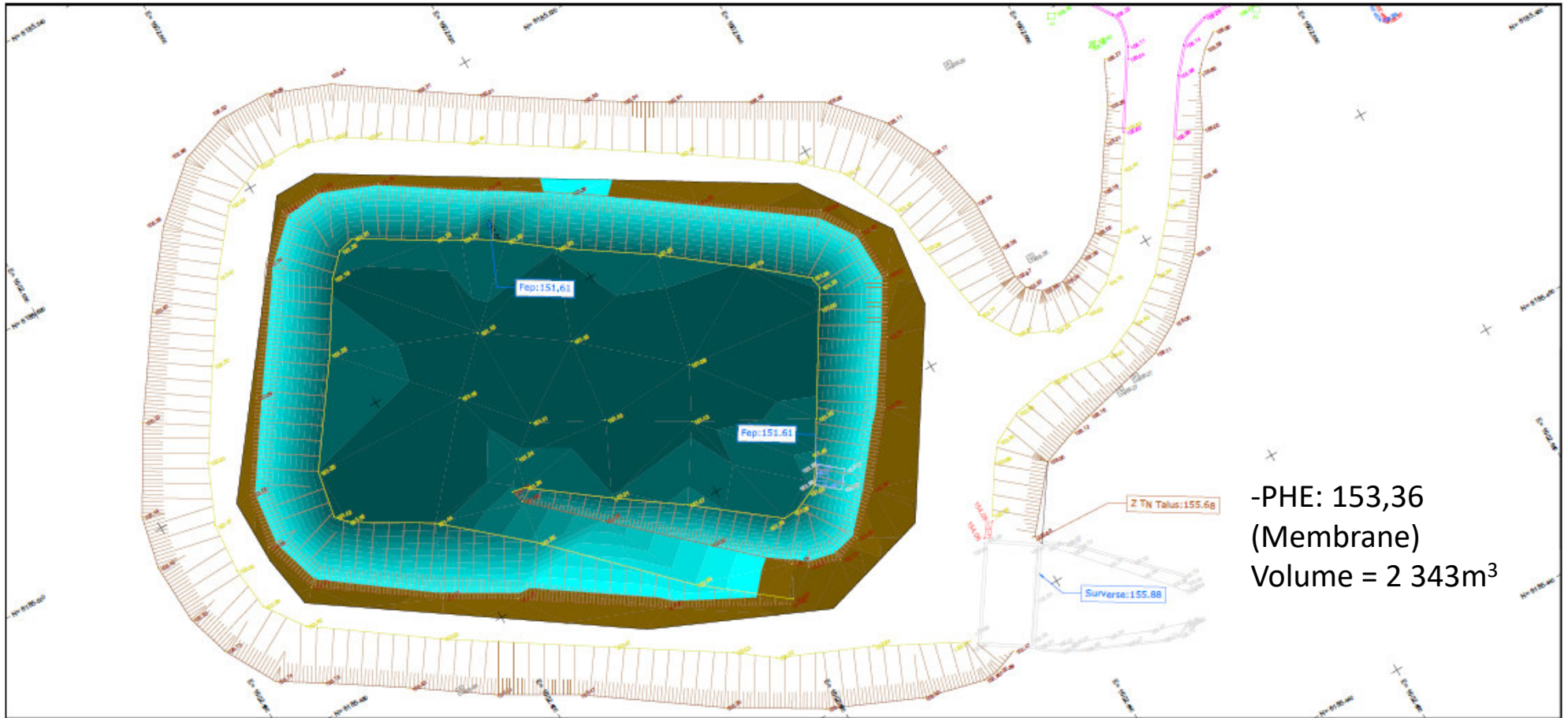
DESCRIPTION SOMMAIRE DU RISQUE			
Désignation des bâtiments, locaux ou zones constituant la surface de référence	Hangar de maintenance aéronautique d'une surface de 8 698 m <sup>2</sup> .		
Principales activités	Activité de transformation et de maintenance aéronautique.		
Stockages (quantité et nature des principaux matériaux combustibles/inflammables)	Absence de stockages dans le hangar, présence uniquement de kérosène dans les aéronefs.		
CRITERES	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	COEFFICIENTS RETENUS	COMMENTAIRES/ JUSTIFICATIONS
		Activité	
<b>HAUTEUR DE STOCKAGE</b> <sup>(1)(2)(3)</sup>			
- Jusqu'à 3 m	0	0	Kérosène présent dans l'avion non considéré comme stockage
- Jusqu'à 8 m	+ 0,1		
- Jusqu'à 12 m	+ 0,2		
- Jusqu'à 30 m	+ 0,5		
- Jusqu'à 40 m	+ 0,7		
- Au delà de 40 m	+ 0,8		
<b>TYPE DE CONSTRUCTION</b> <sup>(4)</sup>			
- Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60	- 0,1	+ 0,1	Hypothèse prise d'une résistance inférieure à R30
- Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30	0		
- Résistance mécanique de l'ossature < R 30	+ 0,1		
<b>MATERIAUX AGGRAVANTS</b>			
Présence d'au moins un matériau aggravant <sup>(5)</sup>	+ 0,1	+ 0,1	Polycarbonate (bardage translucide) : B-s1- d0
<b>TYPES D'INTERVENTIONS INTERNES</b>			
- Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée)	- 0,1	0	Installation d'une DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance avec des consignes d'appels
- DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels <sup>(6)</sup>	- 0,1	- 0,1	
- Service sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés équipe de seconde intervention, en mesure d'intervenir 24h/24 <sup>(7)</sup>	- 0,3	0	
<b>Σ des Coefficients</b>		+ 0,1	
<b>1 + Σ des Coefficients</b>		1,1	
<b>Surface (S en m<sup>2</sup>)</b>		8 698	
$Q_i = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \sum coeff)$ <sup>(8)</sup>		574,068	
<b>Catégorie de risque</b> <sup>(9)</sup>		2	Fascicule F09 : Risque "2" Construction et réparation d'aéronefs
Risque faible : Q <sub>RF</sub> = Q <sub>i</sub> x 0,5		861,102	
Risque 1 : Q <sub>1</sub> = Q <sub>i</sub> x 1			
Risque 2 : Q <sub>2</sub> = Q <sub>i</sub> x 1,5			
Risque 3 : Q <sub>3</sub> = Q <sub>i</sub> x 2			

DESCRIPTION SOMMAIRE DU RISQUE			
Désignation des bâtiments, locaux ou zones constituant la surface de référence	Hangar de maintenance aéronautique d'une surface de 8 698 m <sup>2</sup> .		
Principales activités	Activité de transformation et de maintenance aéronautique.		
Stockages (quantité et nature des principaux matériaux combustibles/inflammables)	Absence de stockages dans le hangar, présence uniquement de kérosène dans les aéronefs.		
CRITERES	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	COEFFICIENTS RETENUS	COMMENTAIRES/ JUSTIFICATIONS
		Activité	
<b>HAUTEUR DE STOCKAGE</b> <sup>(1)(2)(3)</sup>			
- Jusqu'à 3 m	0	0	Kérosène présent dans l'avion non considéré comme stockage
- Jusqu'à 8 m	+ 0,1		
- Jusqu'à 12 m	+ 0,2		
- Jusqu'à 30 m	+ 0,5		
- Jusqu'à 40 m	+ 0,7		
- Au delà de 40 m	+ 0,8		
<b>TYPE DE CONSTRUCTION</b> <sup>(4)</sup>			
- Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60	- 0,1	+ 0,1	Hypothèse prise d'une résistance inférieure à R30
- Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30	0		
- Résistance mécanique de l'ossature < R 30	+ 0,1		
<b>MATERIAUX AGGRAVANTS</b>			
Présence d'au moins un matériau aggravant <sup>(5)</sup>	+ 0,1	+ 0,1	Polycarbonate (bardage translucide) : B-s1- d0
<b>TYPES D'INTERVENTIONS INTERNES</b>			
- Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée)	- 0,1	0	Installation d'une DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance avec des consignes d'appels
- DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels <sup>(6)</sup>	- 0,1	- 0,1	
- Service sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés équipe de seconde intervention, en mesure d'intervenir 24h/24 <sup>(7)</sup>	- 0,3	0	
<b>Σ des Coefficients</b>		+ 0,1	
<b>1 + Σ des Coefficients</b>		1,1	
<b>Surface (S en m<sup>2</sup>)</b>		8 698	
$Q_i = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \sum coeff)$ <sup>(8)</sup>		574,068	
<b>Catégorie de risque</b> <sup>(9)</sup>		2	Fascicule F09 : Risque "2" Construction et réparation d'aéronefs
Risque faible : $Q_{RF} = Q_i \times 0,5$		861,102	
Risque 1 : $Q_1 = Q_i \times 1$			
Risque 2 : $Q_2 = Q_i \times 1,5$			
Risque 3 : $Q_3 = Q_i \times 2$			

<b>Risque protégé par une installation d'extinction automatique à eau</b> <sup>(10)</sup> : $Q_{RF}, Q_1, Q_2$ ou $Q_3 \div 2$		OUI 430,551	Hypothèse prise : système d'extinction à eau
<b>DÉBIT CALCULÉ</b> <sup>(11)</sup> (Q en m <sup>3</sup> /h)		430,551	
<b>DÉBIT RETENU</b> <sup>(12)</sup> <sup>(13)</sup> <sup>(14)</sup>		<b>420</b>	
<i>NB : Résultat arrondi au multiple de 30 m<sup>3</sup>/h le plus proche</i>			
<p><sup>(1)</sup> Sans autre précision, la hauteur de stockage doit être considérée comme étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1 m (cas des bâtiments de stockage).</p> <p><sup>(2)</sup> En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire &gt; 1 m<sup>3</sup>, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).</p> <p><sup>(3)</sup> Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0</p> <p><sup>(4)</sup> Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.</p> <p><sup>(5)</sup> Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m<sup>3</sup> ;</li> <li>- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;</li> <li>- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;</li> <li>- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;</li> <li>- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;</li> <li>- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières plastiques, matériaux biosourcés, etc.) ;</li> <li>- panneaux photovoltaïques.</li> </ul> <p>Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.</p> <p><sup>(6)</sup> Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkleur peut faire office de détection automatique d'incendie</p> <p><sup>(7)</sup> La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration.</p> <p><sup>(8)</sup> Qi : débit intermédiaire du calcul en m<sup>3</sup>/h</p> <p><sup>(9)</sup> La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1. Pour le risque RF, voir également le chapitre 4.1.2.</p> <p><sup>(10)</sup> Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants ;</li> <li>- Installation entretenue et vérifiée régulièrement</li> <li>- Installation en service en permanence.</li> </ul> <p><sup>(11)</sup> Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.</p> <p><sup>(12)</sup> Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m<sup>3</sup>/h</p> <p><sup>(13)</sup> Le débit retenu sera limité à 720 m<sup>3</sup>/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.</p> <p><sup>(14)</sup> La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum. Par ailleurs, les points d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m<sup>2</sup>.</p>			

Besoins pour la lutte extérieure		Résultat guide pratique D9 : (Besoins x 2 h au minimum)	840	480 m <sup>3</sup> /h résultat D9 multiplié par 2
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleurs	Volume réserve intégrale de la source principale <b>ou</b> besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	734	734 m <sup>3</sup> de besoin selon NFPA pour 1h de protection
	Rideau d'eau	Besoins x 90 min	0	Sans objet
	RIA	A négliger	0	Présence RIA
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en général 15-25 min)	0	
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	0	
	Colonne humide	Débit x temps de fonctionnement requis	0	
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m <sup>2</sup> de surface de drainage	246	
Présence stock de liquide		20 % du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	5,84	
<b>Volume total de liquide à mettre en rétention (m<sup>3</sup>)</b>			<b>1825,84</b>	





-PHE: 153,36  
(Membrane)  
Volume = 2 343m<sup>3</sup>



# **EVALUATION DE FLUX THERMIQUE AEROPORT DE CHATEAUROUX**

**CALVO TRAN VAN ARCHITECTES**  
*Châteauroux (36)*

Ce document comporte 21 pages  
et 5 annexes

1	30/06/2021	Edition initiale	D. POUGET	C. CHANSSARD
Rév.	Date	Objet	Rédaction	Vérification & Approbation

## SOMMAIRE

<b>1. OBJET DE L'ETUDE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTALLATIONS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. SCENARIOS DE MODELISATION .....</b>	<b>7</b>
3.1 SCENARIO 1 : FEU DE NAPPE DE KEROSENE D'UN A320 DANS LE HANGAR .....	7
3.1.1 Scénario 1.1 : Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar avec polycarbonate.....	7
3.1.2 Scénario 1.2 : Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar sans polycarbonate .....	10
3.2 SCENARIO 2 : INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR.....	12
3.2.1 Scénario 2.1 : Incendie de 4 x A320 dans le hangar avec polycarbonate.....	12
3.2.2 Scénario 2.2 : Incendie de 4 x A320 dans le hangar sans polycarbonate.....	16
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>19</b>
<b>5. ANNEXES.....</b>	<b>20</b>
5.1 ANNEXE 1 : QUANTIFICATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX .....	20
5.2 ANNEXE 2 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG FEU DE NAPPE DE KEROSENE DANS LE HANGAR AVEC POLYCARBONATE.....	20
5.3 ANNEXE 3 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG FEU DE NAPPE DE KEROSENE DANS LE HANGAR SANS POLYCARBONATE.....	20
5.4 ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR AVEC POLYCARBONATE .....	20
5.5 ANNEXE 5 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR SANS POLYCARBONATE .....	20

## **1. OBJET DE L'ETUDE**

L'aéroport de Châteauroux souhaite modifier la fonctionnalité du hangar qui est en cours de construction sur son site. Ce hall initialement destiné au remisage avion va changer d'affectation et servir de hall de maintenance.

L'objet de cette étude est d'évaluer les flux thermiques issus de l'incendie de ce hangar dans la configuration la plus pénalisante.

## 2. DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTALLATIONS

Le hangar accueillera des activités de maintenance d'avions. Il est visible sur le plan ci-dessous.

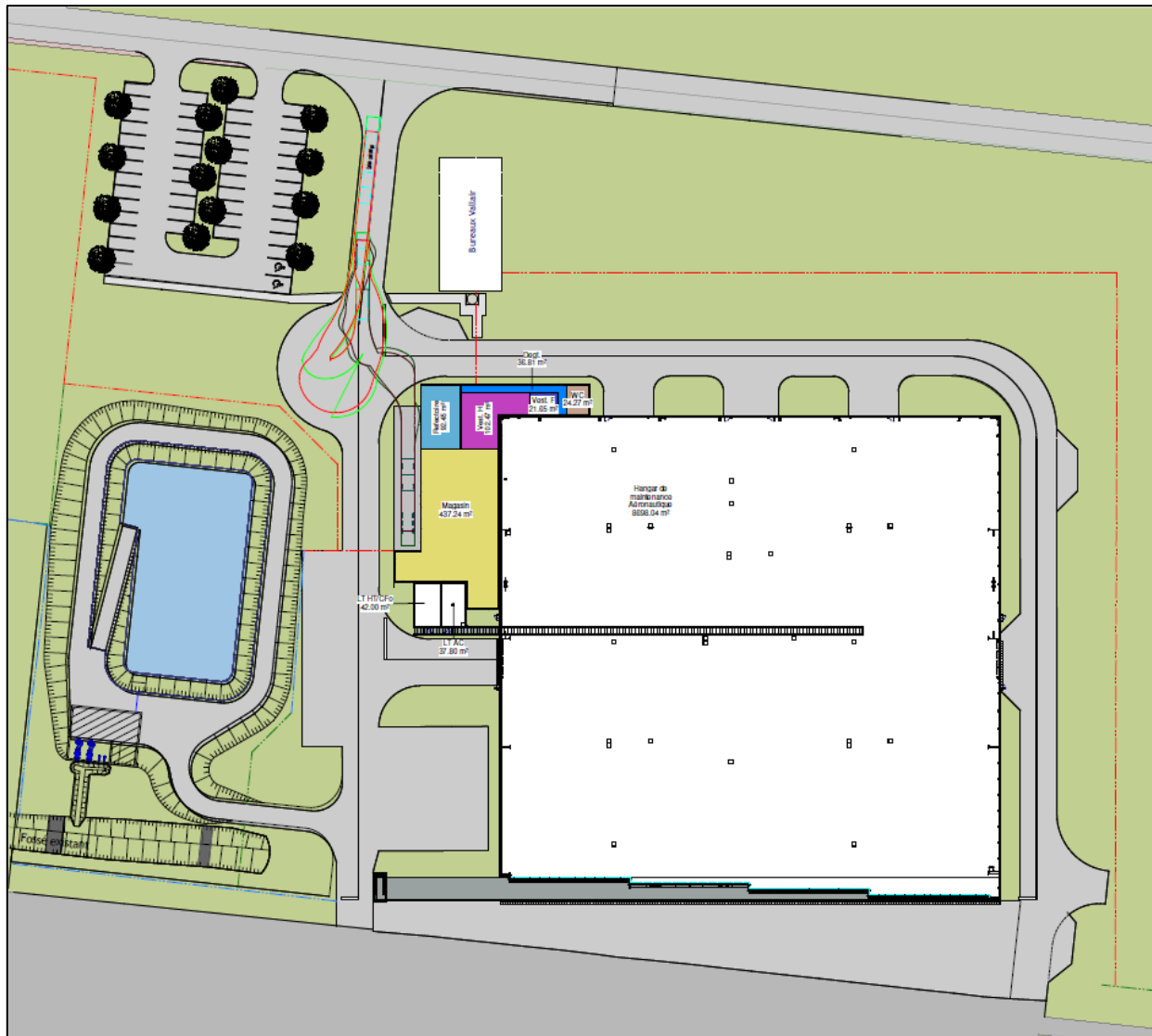


Figure 1 : Plan du bâtiment projeté

Le bâtiment est composé de bardage double peau et de polycarbonate alvéolaire à certains endroits.

Quatre configurations sont prévues pour l'utilisation de ce hangar. Il peut accueillir soit :

- α Configuration 1 : 4 avions de type A320 dont 2 défuellés en position avancée et 2 fuellés en position arrière,
- α Configuration 2 : 1 avion de type A380 ou A350 non fuellé,
- α Configuration 3 : 2 avions A321 non fuellés en position avancée, 1 avion A321 fuellé en position arrière et 1 avion A300-600 fuellé en position arrière,
- α Configuration 4 : 2 avions A321 non fuellés en position avancée et 1 avion A330-300 fuellé en position arrière.

Les plans ci-dessous représentent les différentes configurations. Les avions en rouge correspondent aux avions fuellés.

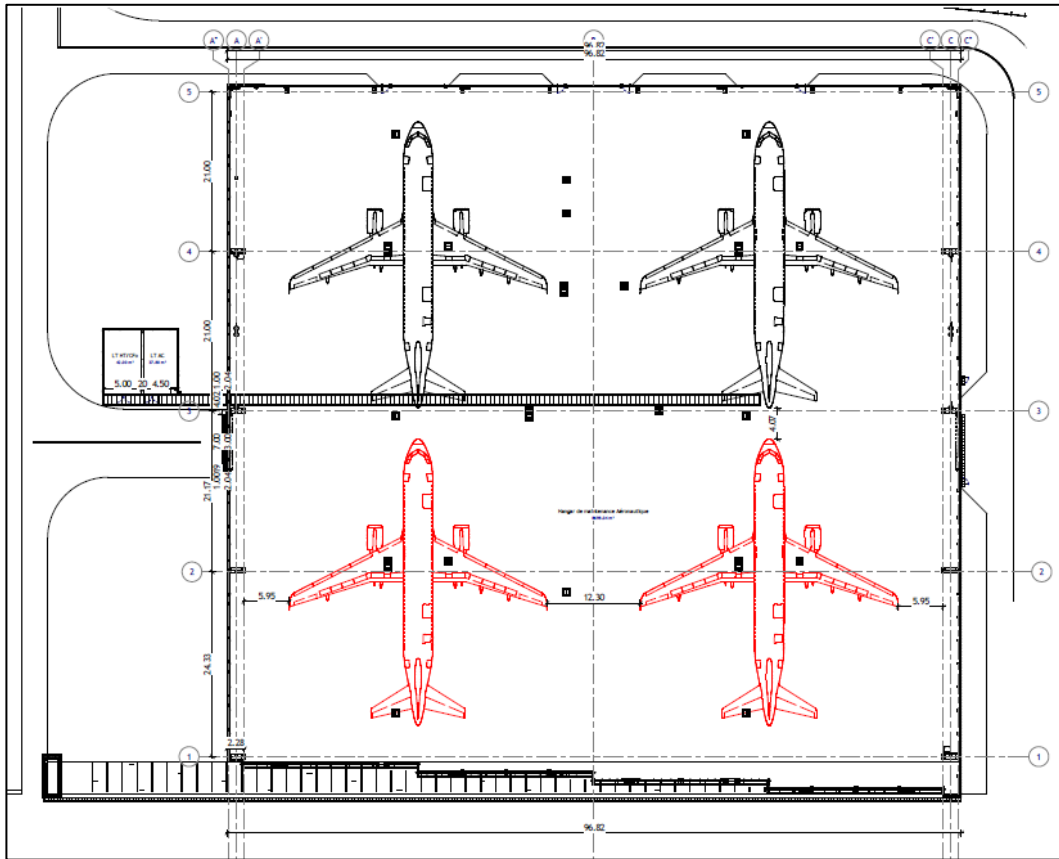


Figure 2 : Configuration 1 avec 4 x A320/A321

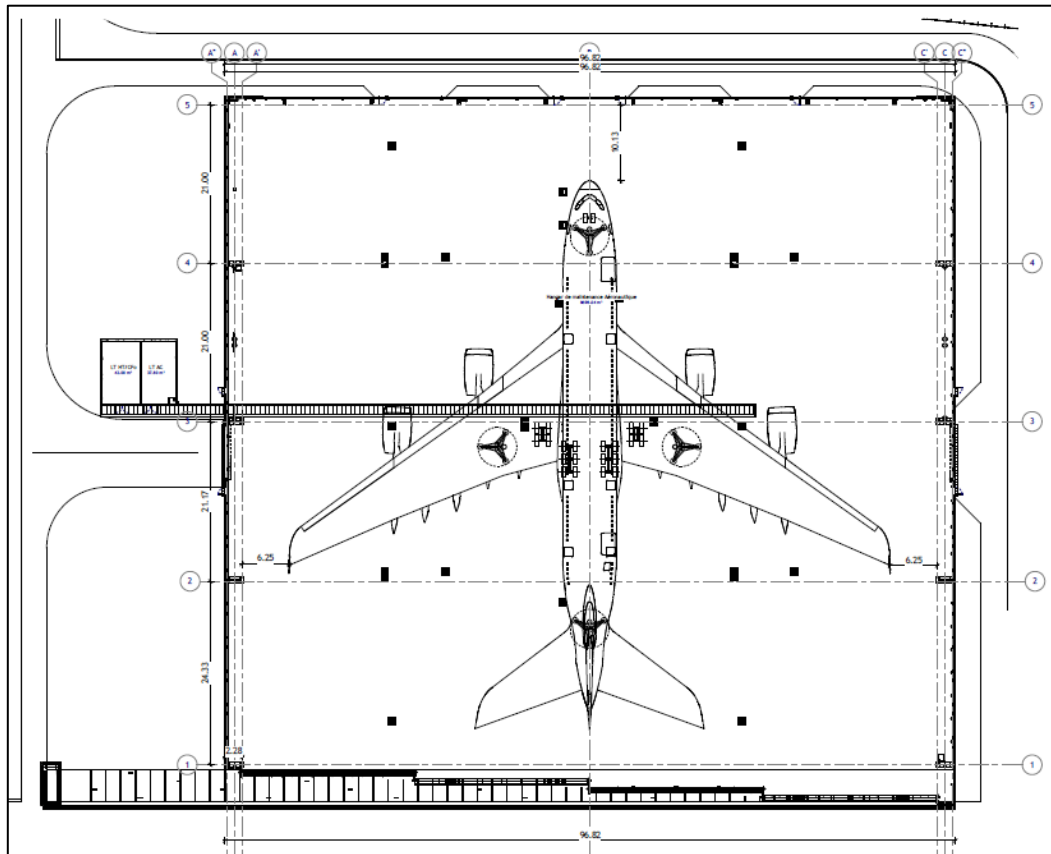
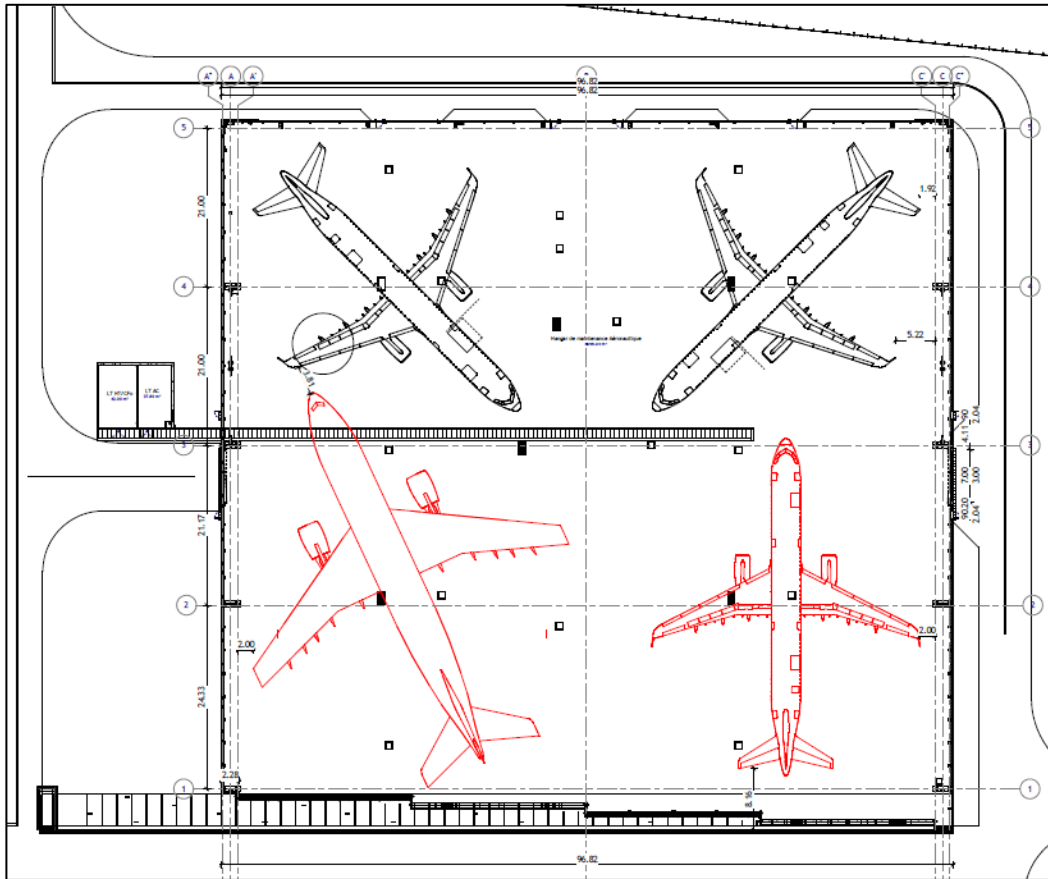
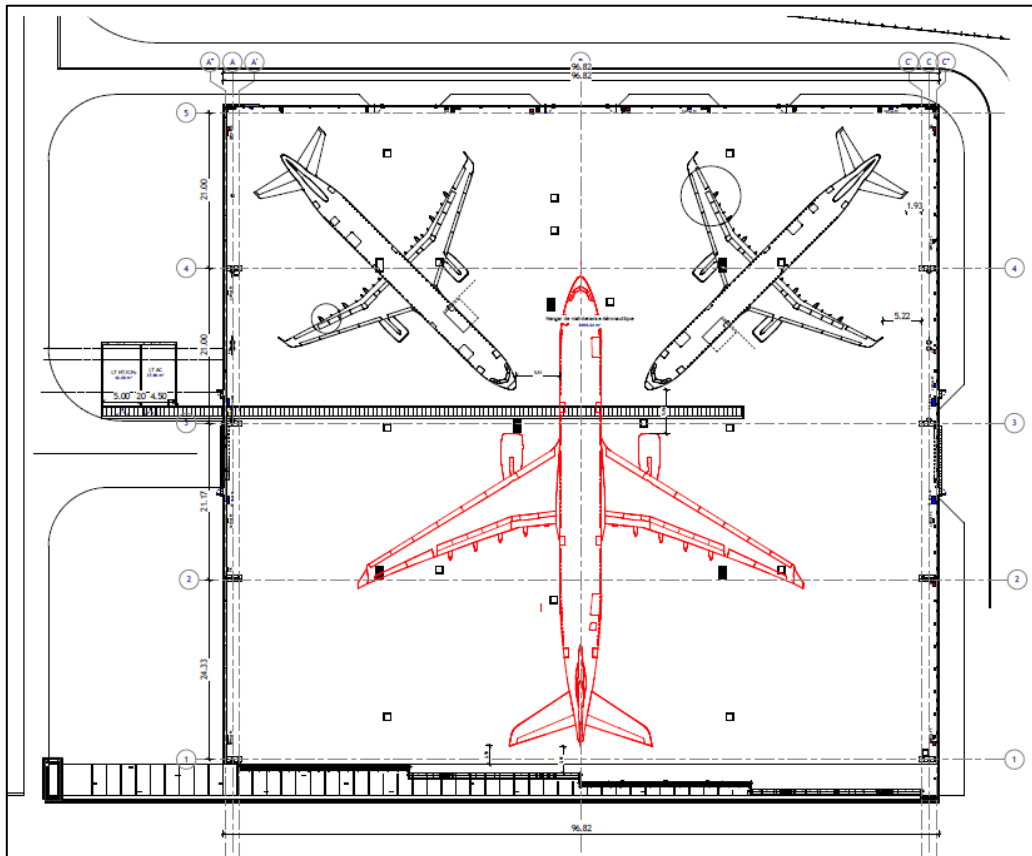


Figure 3 : Configuration 2 avec 1 x A350 ou A380



**Figure 4 : Configuration 3 avec 3 x A321 et 1 x A300-600**



**Figure 5 : Configuration 4 avec 2 x A321 et 1 x A330-300**

### 3. SCENARIOS DE MODELISATION

Le scénario retenu pour évaluer les impacts thermiques d'un incendie dans ce hangar est celui qui est majorant en termes de quantité de kérosène, soit la configuration 1 avec quatre avions de type A320.

Les modélisations sont réalisées avec le logiciel Flumilog dont une description est fournie en **Annexe 1**. Ce logiciel permet de modéliser des cellules de stockage d'entrepôt avec un stockage homogène au sein d'une cellule.

Dans un premier temps, il est considéré que le départ d'incendie se fait à partir d'un feu de nappe de kérosène d'un A320.

Dans un second temps, les effets dominos de ce feu de nappe est modélisé en considérant que l'ensemble des enveloppes des quatre A320 prennent feu.

Par ailleurs, l'influence de la présence de polycarbonate dans le bâtiment est étudiée à travers ces modélisations.

#### **3.1 SCENARIO 1 : FEU DE NAPPE DE KEROSENE D'UN A320 DANS LE HANGAR**

##### **3.1.1 Scénario 1.1 : Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar avec polycarbonate**

Ce scénario est relatif à un feu de nappe des réservoirs d'un A320 dans le hangar tel qu'il est projeté, avec des surfaces de parois composées de polycarbonate.

Les hypothèses de modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

A noter que les différentes surfaces de polycarbonate alvéolaire disposées sur les parois ont été regroupées en une seule partie de paroi (partie haute ou partie basse) de surface totale équivalente à la paroi projetée. Le polycarbonate alvéolaire a été assimilé à un panneau-sandwich polyuréthane de REIY 1 minute.

Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar avec polycarbonate	
Dimensions de la cellule	Paroi E et O : 89 m Paroi N et S : 97 m Hauteur : 35 m (hauteur des 2 décrochages du toit)
Caractéristiques de la toiture	Résistance : 15 min Matériau : Panneaux sandwich – Laine de roche Désenfumage : 0 %
Caractéristiques des parois	Structure : poteau acier Parois : - SUD : bardage double peau sur la partie basse sur 28 m de haut + polycarbonate sur la partie haute sur 7 m de haut + 1 porte de H * L = 27 * 92 m - NORD : bardage double peau sur la partie haute sur 24 m de haut + polycarbonate sur la partie basse sur 11 m de haut + 3 portes de H * L = 5 * 7 m - EST et OUEST : bardage double peau sur la partie basse sur 27,5 m de haut + polycarbonate sur la partie haute sur 7,5 m de haut + 1 porte de H * L = 5 * 7 m REIY : - 4 min pour le bardage double peau - 1 min pour le polycarbonate
Organisation de la cellule	Liquide Inflammable : kérosène assimilé à de l'hydrocarbure Quantité : 29,2 m <sup>3</sup> soit 23,4 tonnes (98,5 % d'un réservoir d'un A320)

**Tableau 1 : Hypothèses de modélisation du hangar**

Les distances d'effets majorantes sont données dans le tableau ci-dessous pour chaque façade de l'entrepôt. Ces distances majorantes sont fournies à titre indicatif et ne s'appliquent pas nécessairement sur toute la longueur de la paroi. Il est à noter que dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Pour cette raison, **pour les distances d'effets comprises entre 1 et 5 m, une distance de 5 m a été retenue. Pour les distances comprises entre 6 m et 10 m, une distance de 10 m a été retenue.**

Seule la cartographie officielle présentée dans la note de calcul (fournie en **Annexe 2**) et rappelée au paragraphe suivant, fait foi.



Façade	Distances majorantes en m au flux thermiques caractéristiques <sup>1</sup> à partir du bord de chaque paroi		
	SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	SEL 5 kW/m <sup>2</sup>	SEI 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord	5	5	10
Sud	30	45	65
Ouest	5	5	10
Est	5	5	10

Tableau 2 : Résultats de modélisation des effets thermiques consécutifs à un feu de nappe

La durée de l'incendie est de 5,8 min.

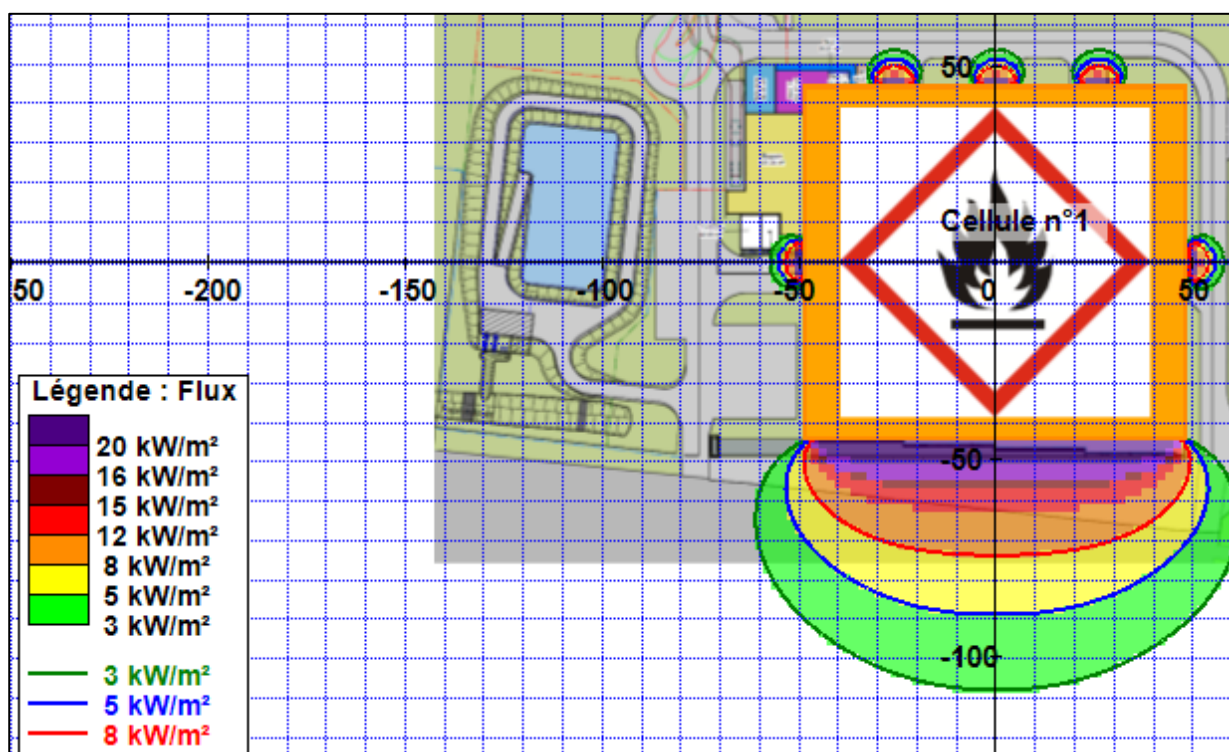


Figure 6 : Cartographie des distances d'effets thermiques liés à un feu de nappe

A noter que les effets au niveau des portes est et ouest ne sont pas exactement positionnés à l'endroit correspondant sur le plan du fait que Flumilog les positionne automatiquement au centre des parois.

Des effets thermiques sont attendus au niveau des ouvertures de portes. Aucun effet hors site n'est attendu. Des effets à 8 kW/m<sup>2</sup> sont attendus jusqu'à 5 mètres environ au niveau des portes de véhicules et jusqu'à 30 mètres au niveau du tarmac. Aucun effet domino n'est attendu.

<sup>1</sup> SELS : seuil des effets létaux significatifs / SEL : seuil des premiers effets létaux / SEI : seuil des effets irréversibles

### 3.1.2 Scénario 1.2 : Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar sans polycarbonate

Ce scénario est relatif à un feu de nappe des réservoirs d'un A320 dans le hangar, avec des parois composées entièrement de bardage double peau, sans polycarbonate.

Les hypothèses de modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

Feu de nappe de kérosène d'un A320 dans le hangar sans polycarbonate	
Dimensions de la cellule	Paroi E et O : 89 m Paroi N et S : 97 m Hauteur : 35 m (hauteur des 2 décrochages du toit)
Caractéristiques de la toiture	Résistance : 15 min Matériau : Panneaux sandwich – Laine de roche Désenfumage : 0 %
Caractéristiques des parois	Structure : poteau acier Parois : - SUD : bardage double peau + 1 porte de H * L = 27 * 92 m - NORD : bardage double peau + 3 portes de H * L = 5 * 7 m - EST et OUEST : bardage double peau + 1 porte de H * L = 5 * 7 m REIY : 4 min
Organisation de la cellule	Liquide Inflammable : kérosène assimilé à de l'hydrocarbure Quantité : 29,2 m <sup>3</sup> soit 23,4 tonnes (98,5 % d'un réservoir d'un A320)

**Tableau 3 : Hypothèses de modélisation du hangar**

Les distances d'effets majorantes sont données dans le tableau ci-dessous pour chaque façade de l'entrepôt. Ces distances majorantes sont fournies à titre indicatif et ne s'appliquent pas nécessairement sur toute la longueur de la paroi. Il est à noter que dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Pour cette raison, **pour les distances d'effets comprises entre 1 et 5 m, une distance de 5 m a été retenue. Pour les distances comprises entre 6 m et 10 m, une distance de 10 m a été retenue.**

Seule la cartographie officielle présentée dans la note de calcul (fournie en **Annexe 3**) et rappelée au paragraphe suivant, fait foi.

Façade	Distances majorantes en m au flux thermiques caractéristiques <sup>2</sup> à partir du bord de chaque paroi		
	SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	SEL 5 kW/m <sup>2</sup>	SEI 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord	5	5	10
Sud	30	45	65
Ouest	5	5	10
Est	5	5	10

Tableau 4 : Résultats de modélisation des effets thermiques consécutifs à un feu de nappe

La durée de l'incendie est de 5,8 min.

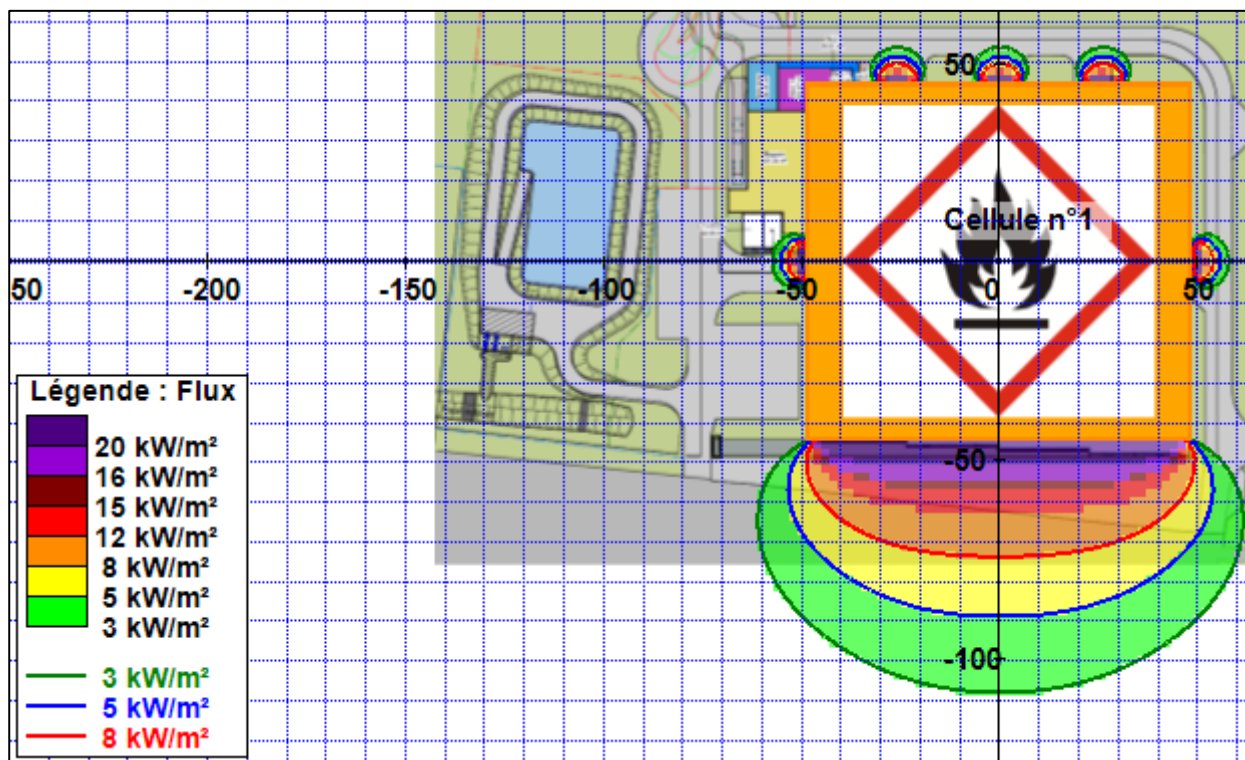


Figure 7 : Cartographie des distances d'effets thermiques liés à un feu de nappe

A noter que les effets au niveau des portes est et ouest ne sont pas exactement positionnées à l'endroit correspondant sur le plan du fait que Flumilog les positionne automatiquement au centre des parois.

**Les effets thermiques sont identiques à ceux attendus avec polycarbonate.**

<sup>2</sup> SELS : seuil des effets létaux significatifs / SEL : seuil des premiers effets létaux / SEI : seuil des effets irréversibles

### 3.2 SCENARIO 2 : INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR

Pour les scénarios suivants, les enveloppes des avions sont modélisées en précisant la composition des palettes dans le logiciel afin d'obtenir une modélisation proche des matières réellement stockés.

En l'absence de données sur la composition de l'A320, les caractéristiques de l'A321 ont été considérées. Cette approche est légèrement majorante.

Les caractéristiques de l'appareil A321 sont répertoriées ci-dessous.

Caractéristique	A321 <sup>3</sup>
Longueur du fuselage	44,51 m
Largeur fuselage	3,95 m
Hauteur du fuselage	4,14 m
Surface ailaire	126 m <sup>2</sup>
Superficie totale	301,8 m <sup>2</sup>
Masse à vide (défuellé)	47 500 kg

Tableau 5 : Caractéristiques de l'A321

Sa forme sera assimilée à un pavé de 44,5 m de long, de 6,8 m de large et de 4,1 m de haut.

La composition considérée pour l'A321 est la suivante :

Composition	Pourcentage	Matériau retenu en modélisation FLUMILOG
Aluminium	60 %	Aluminium
Autres métaux	20 %	Acier
Matières synthétiques	20 %	Synthétique

Tableau 6 : Composition de l'A321

#### 3.2.1 Scenario 2.1 : Incendie de 4 x A320 dans le hangar avec polycarbonate

Ce scénario est relatif à un incendie de quatre A320 dans le hangar tel qu'il est projeté, avec des surfaces de parois composées de polycarbonate.

Les hypothèses de modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

A noter que les différentes surfaces de polycarbonate alvéolaire disposées sur les parois ont été regroupées en une seule partie de paroi (partie haute ou partie basse) de surface totale équivalente à la paroi projetée. Le polycarbonate alvéolaire a été assimilé à un panneau-sandwich polyuréthane de REIY 1 minute.

<sup>3</sup> Sources : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A320#A321](https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320#A321)

<http://passion-aviation.html.pagesperso-orange.fr/Fiches%20techniques%20Airbus.htm#A321-200>

[http://www.skybrary.eu/index.php/File:A21N\\_3D.jpg](http://www.skybrary.eu/index.php/File:A21N_3D.jpg)

Incendie de 4 x A320 dans le hangar avec polycarbonate	
Dimensions de la cellule	Paroi E et O : 89 m Paroi N et S : 97 m Hauteur : 35 m (hauteur des 2 décrochages du toit)
Caractéristiques de la toiture	Résistance : 15 min Matériau : Panneaux sandwich – Laine de roche Désenfumage : 0 %
Caractéristiques des parois	Structure : poteau acier Parois : - SUD : bardage double peau sur la partie basse sur 28 m de haut + polycarbonate sur la partie haute sur 7 m de haut + 1 porte de H * L = 27 * 92 m - NORD : bardage double peau sur la partie haute sur 24 m de haut + polycarbonate sur la partie basse sur 11 m de haut + 3 portes de H * L = 5 * 7 m - EST et OUEST : bardage double peau sur la partie basse sur 27,5 m de haut + polycarbonate sur la partie haute sur 7,5 m de haut + 1 porte de H * L = 5 * 7 m REIY : - 4 min pour le bardage double peau - 1 min pour le polycarbonate
Organisation du stockage	Stockage masse avec 2 îlots Longueur d'un îlot : 89 m Largeur d'un îlot : 6,8 m Hauteur d'un îlot : 4,1 m
Caractéristiques de la palette	Composition de la palette (L * l * H = 1 * 1 * 1 m) : - 22,8 kg aluminium - 7,6 kg acier - 7,6 kg synthétique

**Tableau 7 : Hypothèses de modélisation du hangar**

La cellule de stockage est modélisée de la façon suivante.

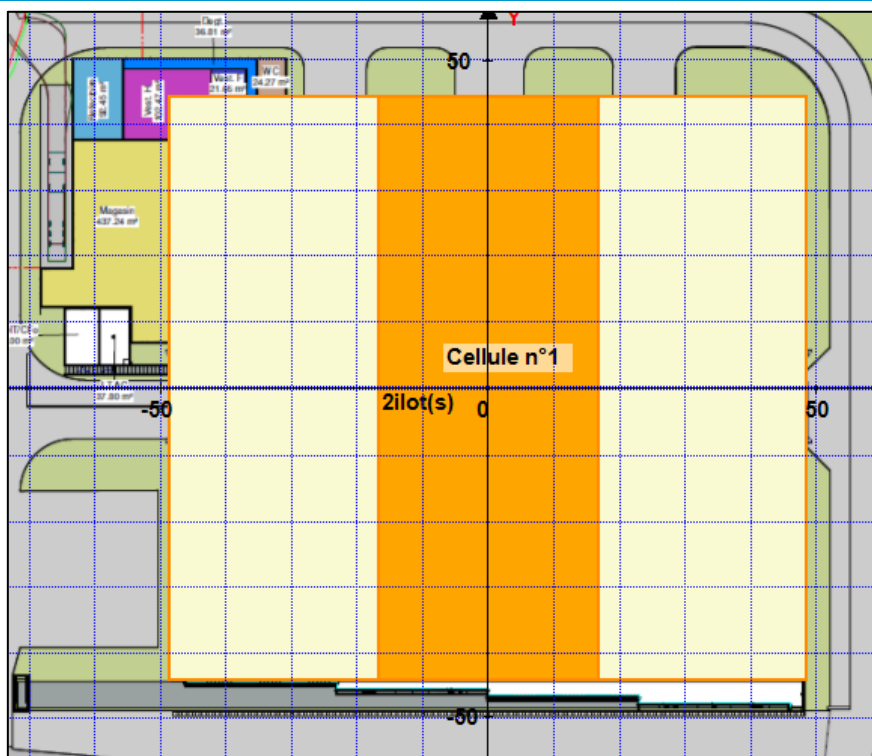


Figure 8 : Cellule de stockage modélisée avec le logiciel Flumilog

Les distances d'effets majorantes sont données dans le tableau ci-dessous pour chaque façade de l'entrepôt. Ces distances majorantes sont fournies à titre indicatif et ne s'appliquent pas nécessairement sur toute la longueur de la paroi. Il est à noter que dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Pour cette raison, **pour les distances d'effets comprises entre 1 et 5 m, une distance de 5 m a été retenue. Pour les distances comprises entre 6 m et 10 m, une distance de 10 m a été retenue.**

Seule la cartographie officielle présentée dans la note de calcul (fournie en **Annexe 4**) et rappelée au paragraphe suivant, fait foi.

Façade	Distances majorantes en m au flux thermiques caractéristiques <sup>4</sup> à partir du bord de chaque paroi		
	SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	SEL 5 kW/m <sup>2</sup>	SEI 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord	/	5	5
Sud	/	5	5
Ouest	/	5	5
Est	/	5	5

Tableau 8 : Résultats de modélisation des effets thermiques consécutifs à un incendie de 4 x A320 dans le hangar avec polycarbonate

<sup>4</sup> SELS : seuil des effets létaux significatifs / SEL : seuil des premiers effets létaux / SEI : seuil des effets irréversibles

La durée de l'incendie est de 61 min.

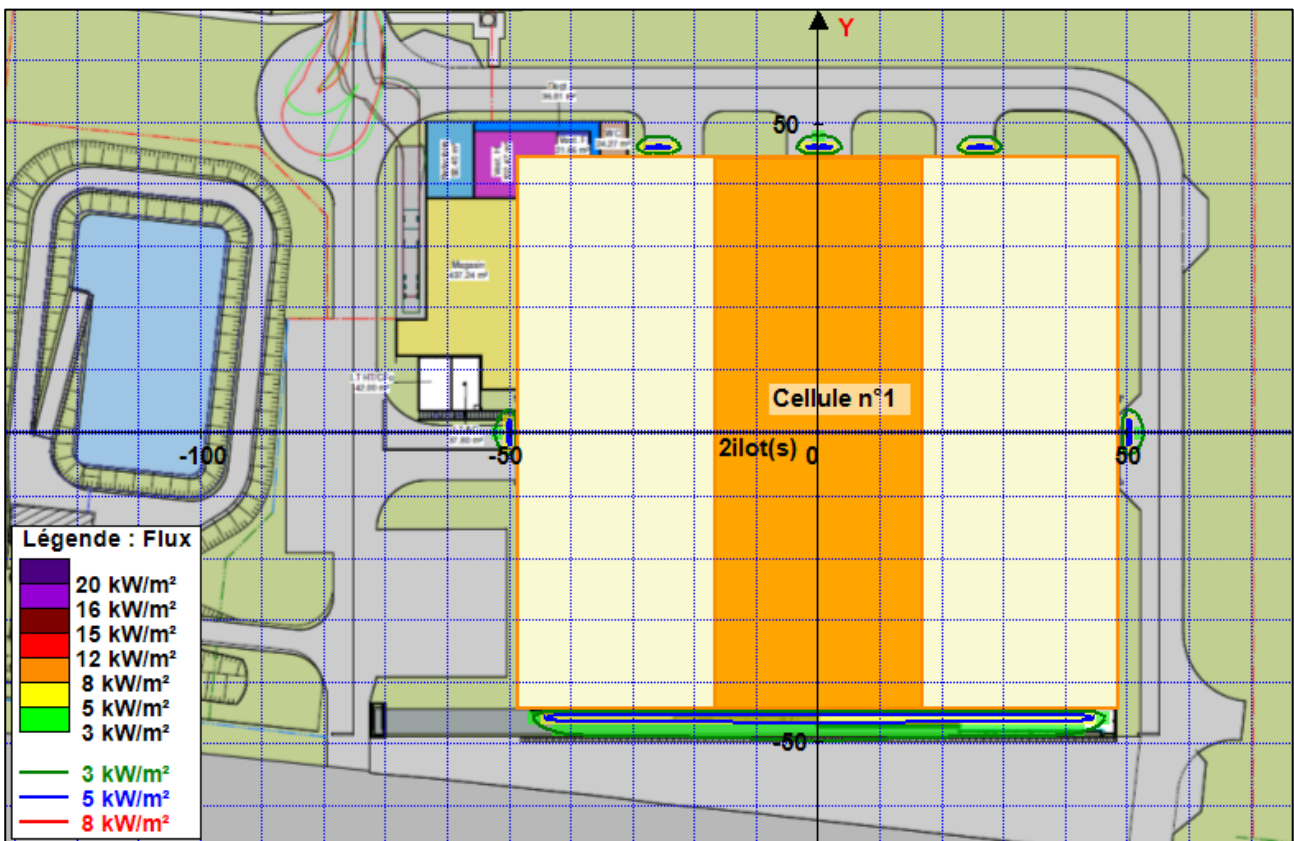


Figure 9 : Cartographie des distances d'effets thermiques liés à un incendie de 4 x A320 dans le hangar avec polycarbonate

A noter que les effets au niveau des portes est et ouest ne sont pas exactement positionnés à l'endroit correspondant sur le plan du fait que Flumilog les positionne automatiquement au centre des parois.

**Des effets thermiques sont attendus au niveau des ouvertures de portes. Aucun effet hors site ni aucun effet domino ne sont attendus.**



### 3.2.2 Scenario 2.2 : Incendie de 4 x A320 dans le hangar sans polycarbonate

Ce scénario est relatif à un incendie de quatre A320 dans le hangar, avec des parois composées entièrement de bardage double peau, sans polycarbonate.

Les hypothèses de modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

Incendie de 4 x A320 dans le hangar sans polycarbonate	
Dimensions de la cellule	Paroi E et O : 89 m Paroi N et S : 97 m Hauteur : 35 m (hauteur des 2 décrochages du toit)
Caractéristiques de la toiture	Résistance : 15 min Matériau : Panneaux sandwich – Laine de roche Désenfumage : 0 %
Caractéristiques des parois	Structure : poteau acier Parois : - SUD : bardage double peau + 1 porte de H * L = 27 * 92 m - NORD : bardage double peau + 3 portes de H * L = 5 * 7 m - EST et OUEST : bardage double peau + 1 porte de H * L = 5 * 7 m REIY : 4 min
Organisation du stockage	Stockage masse avec 2 îlots Longueur d'un îlot : 89 m Largeur d'un îlot : 6,8 m Hauteur d'un îlot : 4,1 m
Caractéristiques de la palette	Composition de la palette (L * l * H = 1 * 1 * 1 m) : - 22,8 kg aluminium - 7,6 kg acier - 7,6 kg synthétique

**Tableau 9 : Hypothèses de modélisation du hangar**

La cellule de stockage est modélisée de la façon suivante.



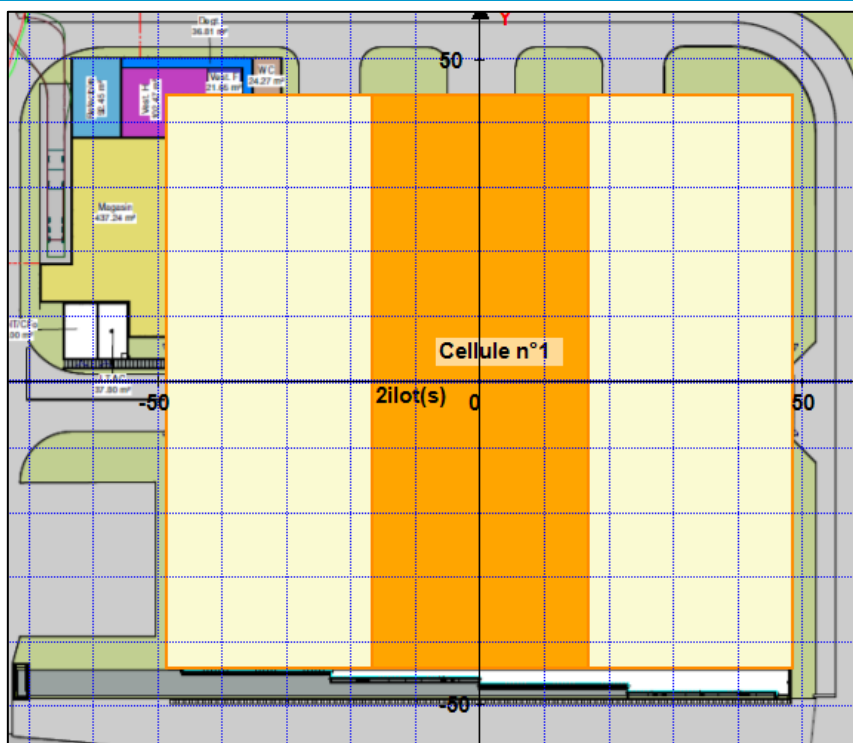


Figure 10 : Cellule de stockage modélisée avec le logiciel Flumilog

Les distances d'effets majorantes sont données dans le tableau ci-dessous pour chaque façade de l'entrepôt. Ces distances majorantes sont fournies à titre indicatif et ne s'appliquent pas nécessairement sur toute la longueur de la paroi. Il est à noter que dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Pour cette raison, **pour les distances d'effets comprises entre 1 et 5 m, une distance de 5 m a été retenue. Pour les distances comprises entre 6 m et 10 m, une distance de 10 m a été retenue.**

Seule la cartographie officielle présentée dans la note de calcul (fournie en **Annexe 5**) et rappelée au paragraphe suivant, fait foi.

Façade	Distances majorantes en m au flux thermiques caractéristiques <sup>5</sup> à partir du bord de chaque paroi		
	SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	SEL 5 kW/m <sup>2</sup>	SEI 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord	/	5	5
Sud	/	5	5
Ouest	/	5	5
Est	/	5	5

Tableau 10 : Résultats de modélisation des effets thermiques consécutifs à un incendie de 4 x A320 dans le hangar sans polycarbonate

<sup>5</sup> SELS : seuil des effets létaux significatifs / SEL : seuil des premiers effets létaux / SEI : seuil des effets irréversibles

La durée de l'incendie est de 61 min.

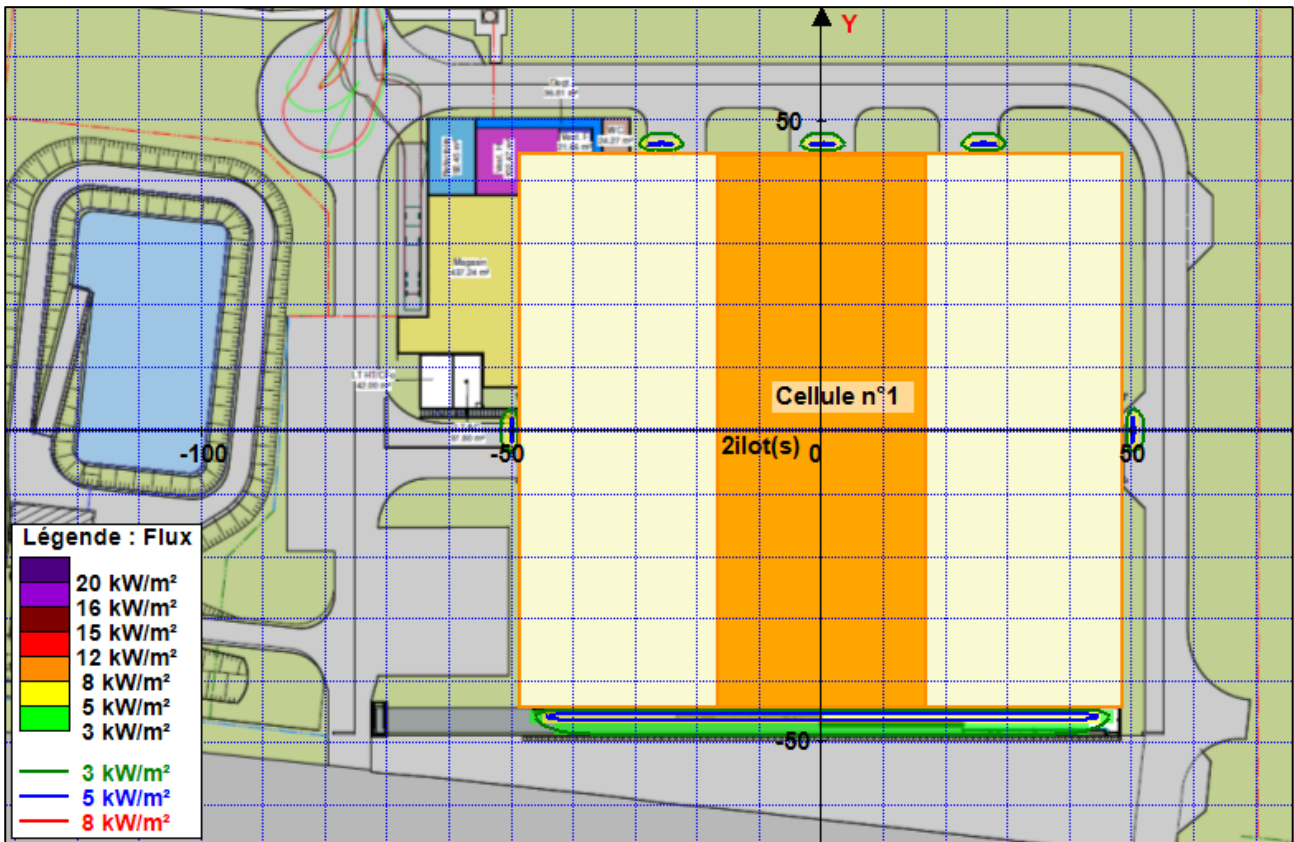


Figure 11 : Cartographie des distances d'effets thermiques liés à un incendie de 4 x A320 dans le hangar sans polycarbonate

A noter que les effets au niveau des portes est et ouest ne sont pas exactement positionnés à l'endroit correspondant sur le plan du fait que Flumilog les positionne automatiquement au centre des parois.

**Les effets thermiques sont identiques à ceux attendus avec polycarbonate.**

## **4. CONCLUSION**

La configuration qui présente les distances d'effets thermiques les plus importantes correspond au feu de nappe issu des réservoirs de kérosène d'un avion A320 dans le hangar. Aucun effet domino n'est attendu.

Les modélisations montrent que le polycarbonate n'influence pas les distances d'effets thermiques.

## 5. ANNEXES

- 5.1 [ANNEXE 1 : QUANTIFICATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX](#)
  
- 5.2 [ANNEXE 2 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG FEU DE NAPPE DE KEROSENE DANS LE HANGAR AVEC POLYCARBONATE](#)
  
- 5.3 [ANNEXE 3 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG FEU DE NAPPE DE KEROSENE DANS LE HANGAR SANS POLYCARBONATE](#)
  
- 5.4 [ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR AVEC POLYCARBONATE](#)
  
- 5.5 [ANNEXE 5 : NOTE DE CALCUL FLUMILOG INCENDIE DE 4 X A320 DANS LE HANGAR SANS POLYCARBONATE](#)



24 avenue Georges Brassens - 31700 Blagnac  
+ 33 (0) 5 34 36 88 22

[info@alphare-fasis.fr](mailto:info@alphare-fasis.fr) – [www.alphare-fasis.fr](http://www.alphare-fasis.fr)

# **QUANTIFICATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX**

Ce document comporte 7 pages

---

## SOMMAIRE

1. SEUILS D'EFFETS THERMIQUES RETENUS ..... 3
2. CHOIX DU MODELE DE CALCUL DES EFFETS THERMIQUES CONSECUTIFS A UN ENTREPOT ..... 5
3. CHOIX DU MODELE DE CALCUL DES EFFETS THERMIQUES CONSECUTIFS A UN FEU DE NAPPE ..... 6

## 1. SEUILS D'EFFETS THERMIQUES RETENUS

Les seuils présentés ci-dessous sont issus de l'annexe 2 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Dans le cas des expositions longues, l'approche retenue pour caractériser les effets est basée sur un flux thermique critique, flux au-delà duquel une cible exposée ressentira les effets caractéristiques.

Les valeurs retenues dans cette approche sont de 3 et 5 et 8 kW/m<sup>2</sup> respectivement pour les premiers effets irréversibles, les effets létaux et les effets létaux significatifs.

Cette approche est utilisée pour caractériser les effets d'un incendie en régime permanent, comme les feux de nappe, de solide, les jets enflammés et les incendies de stockage si la cible potentielle n'est pas en mesure de s'éloigner ou de se protéger en moins de deux minutes.

Dans le cas des expositions courtes, l'approche retenue est basée sur des doses thermiques reçues. Cette dose est obtenue par l'équation

$$E = \Phi^{4/3} \times t.$$

où  $\Phi$  est le flux thermique reçu et t est le temps d'exposition à ce flux thermique.

L'effet thermique a lieu dès que E dépasse les valeurs retenues pour les effets caractéristiques.

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques pour les installations classées sont décrites dans les tableaux ci-dessous pour les effets sur les structures et sur l'homme.

Effets sur les structures :

Valeurs de référence (kW/m <sup>2</sup> )	Effets sur les structures
<b>5</b>	Seuil des destructions de vitres significatives
<b>8</b>	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
<b>16</b>	Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
<b>20</b>	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
<b>200</b>	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Tableau 1 : Valeurs de référence pour les effets sur les structures



Effets sur l'homme :

Valeurs de référence		Effets sur l'homme
kW/m <sup>2</sup>	[(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	
<b>3</b>	<b>600</b>	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
<b>5</b>	<b>1 000</b>	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » - mentionnée à l'article L515-16 du code de l'environnement
<b>8</b>	<b>1 800</b>	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » - mentionnée à l'article L515-16 du code de l'environnement

Tableau 2 : Valeurs de référence pour les effets sur l'homme

## 2. CHOIX DU MODELE DE CALCUL DES EFFETS THERMIQUES CONSECUTIFS A UN ENTREPOT

La méthode développée par le logiciel FLUMILOG permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie : d'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer et d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps. Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

La méthode permet également de calculer les flux thermiques associés à l'incendie de plusieurs cellules dans le cas où le feu se propagerait au-delà de la cellule où l'incendie a débuté. En effet, en fonction des caractéristiques des cellules, des produits stockés et des murs séparatifs, il est possible que l'incendie généralisé à une cellule se propage aux cellules voisines. Les différentes étapes de la méthode sont présentées sur le logigramme ci-après.

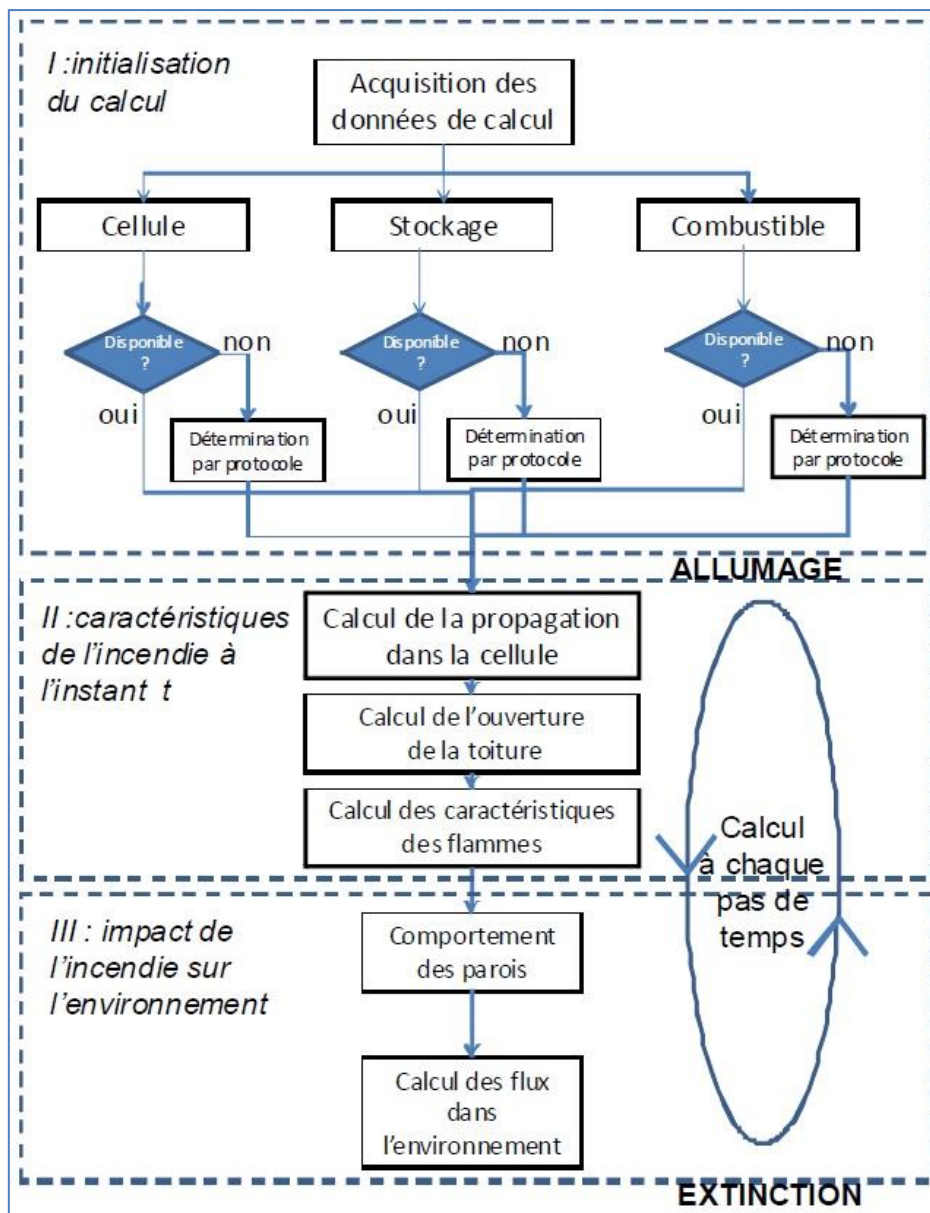


Figure 1: Etapes de calcul du logiciel FLUMILOG

### 3. CHOIX DU MODELE DE CALCUL DES EFFETS THERMIQUES CONSECUTIFS A UN FEU DE NAPPE

La modélisation de la propagation et de l'atténuation des flux avec l'éloignement des flammes est effectuée en utilisant le résultat des travaux du GTDLI (Groupe de Travail Dépôt de Liquides Inflammables). Ces travaux ont fait l'objet de la publication d'un guide (modélisation des effets thermiques dus à un feu de nappe d'hydrocarbures liquides – sept 2006 – GTDLI v 01), et par la suite d'une feuille de calcul (développée par l'INERIS) mise en œuvre dans le cadre de la présente évaluation.

Les effets thermiques du feu de nappe sont évalués avec une feuille de calcul basée sur le modèle élaboré par le GTDLI, modifiée pour pouvoir prendre en compte un taux de combustion spécifique au produit, car le logiciel de modélisation PHAST ne modélise que des nappes circulaires.



24 avenue Georges Brassens - 31700 Blagnac  
+ 33 (0) 5 34 36 88 22

[info@alphare-fasis.fr](mailto:info@alphare-fasis.fr) – [www.alphare-fasis.fr](http://www.alphare-fasis.fr)

# FLUMilog

Interface graphique v.5.4.0.5

Outil de calculV5.55\_WD

## Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	Hall_LI_v3
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2021 à 12:21:08 avec l'interface graphique v. 5.4.0.5
Date de création du fichier de résultats :	23/6/21

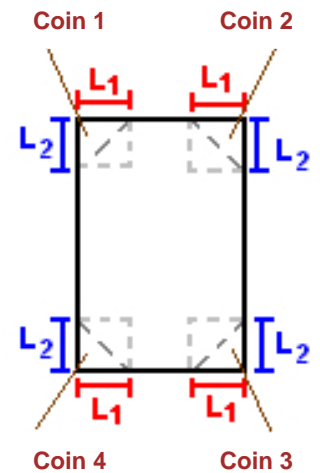
## I. DONNEES D'ENTREE :

### Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

### Géométrie Cellule1

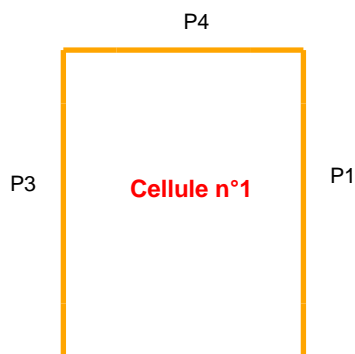
Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		<b>89,0</b>		
Largeur maximum de la cellule (m)		<b>97,0</b>		
Hauteur maximum de la cellule (m)		<b>35,0</b>		
Coin 1	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 2	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 3	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 4	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Hauteur complexe				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
L (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
H (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
H sto (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	



### Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	<b>15</b>
Résistance au feu des pannes (min)	<b>15</b>
Matériaux constituant la couverture	<b>Panneaux sandwich - laine de roche</b>
Nombre d'exutoires	<b>0</b>
Longueur des exutoires (m)	<b>3,0</b>
Largeur des exutoires (m)	<b>2,0</b>

## Parois de la cellule : Cellule n°1



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
<b>Composantes de la Paroi</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>
<b>Structure Support</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>
<b>Nombre de Portes de quais</b>	1	1	1	3
<b>Largeur des portes (m)</b>	7,0	92,0	7,0	7,0
<b>Hauteur des portes (m)</b>	5,0	27,0	5,0	5,0
	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>
<b>Matériau</b>	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	bardage double peau
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	1	1	1	4
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	1	1	1	4
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	1	1	1	4
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	1	1	1	4
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	7,5	7,0	7,5	11,0
	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>
<b>Matériau</b>	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	bardage double peau
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	1	1	1	4
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	1	1	1	4
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	1	1	1	4
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	1	1	1	4
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	7,5	7,0	7,5	11,0
	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>
<b>Matériau</b>	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	Panneaux sandwich-polyurethane
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	4	4	4	1
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	4	4	4	1
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	4	4	4	1
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	4	4	4	1
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	27,5	28,0	27,5	24,0
	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>
<b>Matériau</b>	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	Panneaux sandwich-polyurethane
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	4	4	4	1
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	4	4	4	1
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	4	4	4	1
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	4	4	4	1
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	27,5	28,0	27,5	24,0

## Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **LI**  
 Masse totale de liquides inflammables **23,4 t**



### Palette type de la cellule Cellule n°1

#### Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**  
 Largeur de la palette : **Sans Objet**  
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**  
 Volume de la palette : **Sans Objet**  
 Nom de la palette : **Hydrocarbure**      Poids total de la palette : **Par défaut**

#### Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

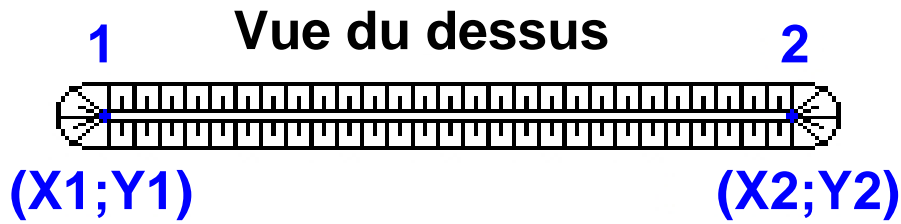
NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

#### Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**  
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**



## Merlons



Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

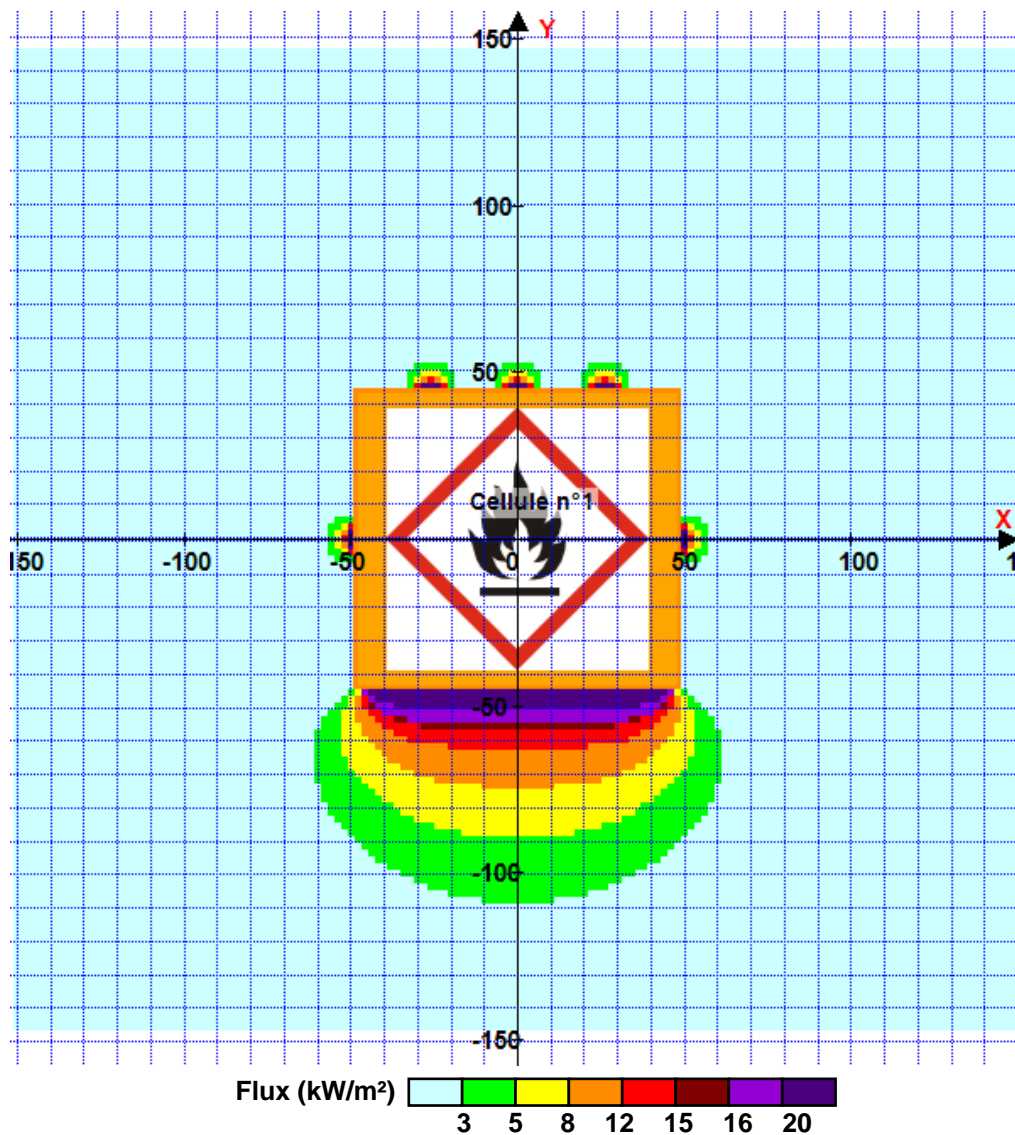
## II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

**La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.**

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°1 **5,8** min (durée de combustion calculée)

### Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

# FLUMilog

Interface graphique v.5.4.0.5

Outil de calculV5.55\_WD

## Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	Hall_LI_v4
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2021 à 12:19:06 avec l'interface graphique v. 5.4.0.5
Date de création du fichier de résultats :	23/6/21

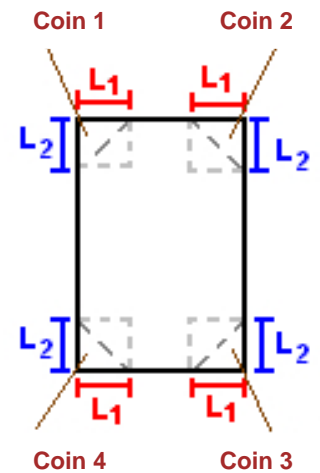
## I. DONNEES D'ENTREE :

### Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

### Géométrie Cellule1

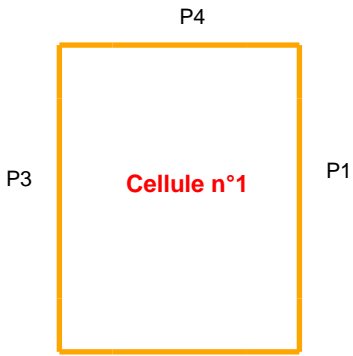
Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		<b>89,0</b>		
Largeur maximum de la cellule (m)		<b>97,0</b>		
Hauteur maximum de la cellule (m)		<b>35,0</b>		
Coin 1	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 2	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 3	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 4	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Hauteur complexe				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
L (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
H (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
H sto (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	



### Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	<b>15</b>
Résistance au feu des pannes (min)	<b>15</b>
Matériaux constituant la couverture	<b>Panneaux sandwich - laine de roche</b>
Nombre d'exutoires	<b>0</b>
Longueur des exutoires (m)	<b>3,0</b>
Largeur des exutoires (m)	<b>2,0</b>

**Parois de la cellule : Cellule n°1**



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
<b>Composantes de la Paroi</b>	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
<b>Structure Support</b>	Poteau Acier	Poteau Acier	Poteau Acier	Poteau Acier
<b>Nombre de Portes de quais</b>	1	1	1	3
<b>Largeur des portes (m)</b>	7,0	92,0	7,0	7,0
<b>Hauteur des portes (m)</b>	5,0	27,0	5,0	5,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
<b>Matériau</b>	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	4	4	4	4
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	4	4	4	4
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	4	4	4	4
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	4	4	4	4

## Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **LI**  
 Masse totale de liquides inflammables **23,4 t**



## Palette type de la cellule Cellule n°1

*Dimensions Palette*

Longueur de la palette : **Sans Objet**  
 Largeur de la palette : **Sans Objet**  
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**  
 Volume de la palette : **Sans Objet**  
 Nom de la palette : **Hydrocarbure**      Poids total de la palette : **Par défaut**

*Composition de la Palette (Masse en kg)*

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

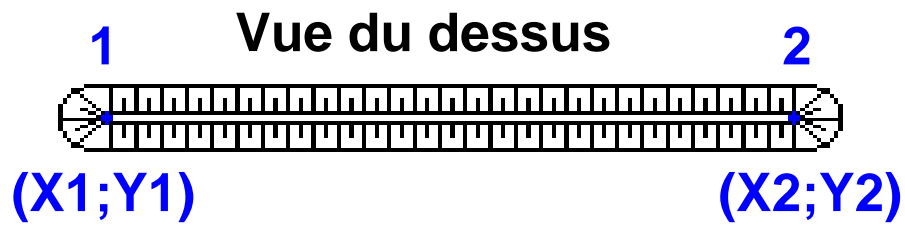
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

*Données supplémentaires*

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**  
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

## Merlons



Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

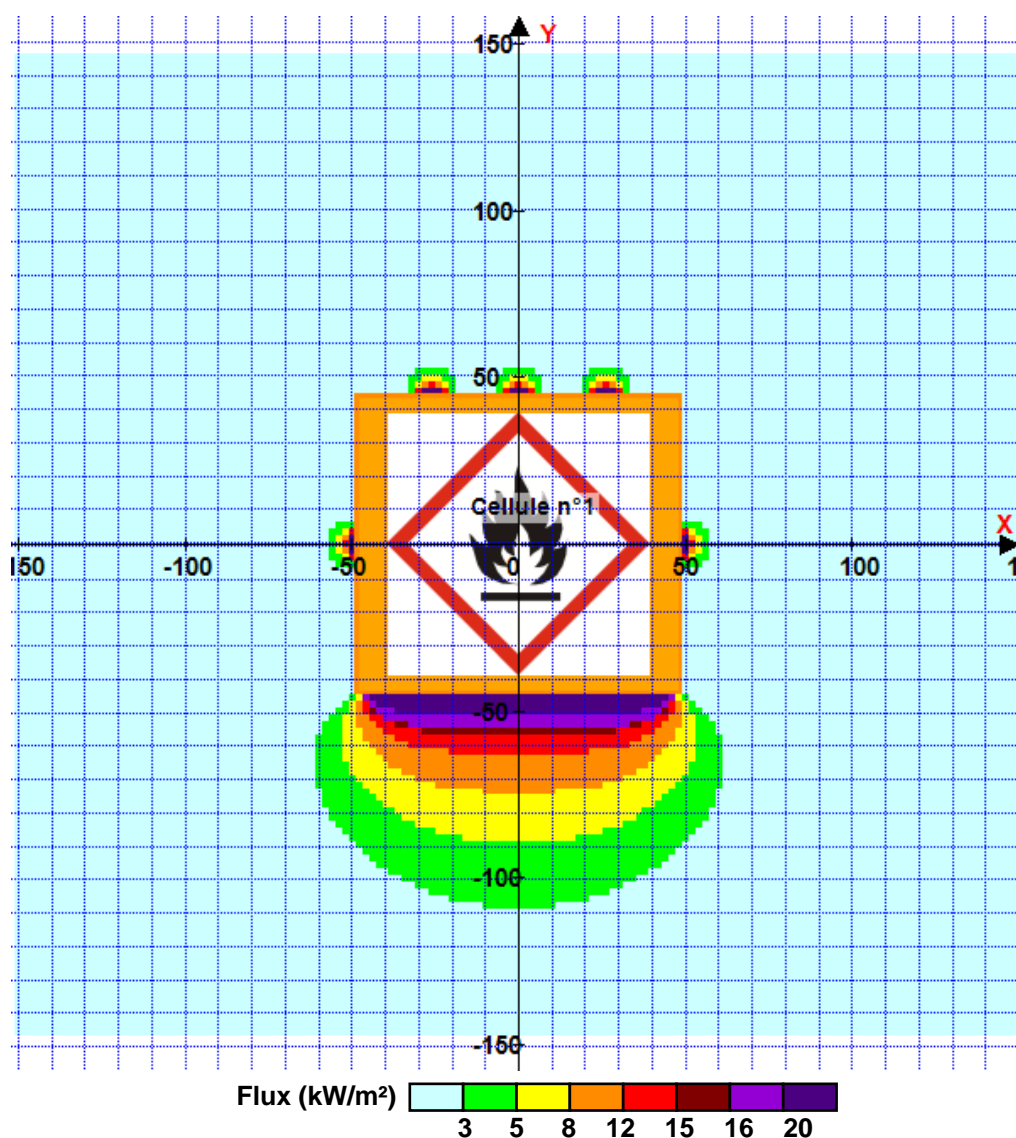
## II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

**La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.**

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°1 **5,8** min (durée de combustion calculée)

### Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.



# FLUMilog

Interface graphique v.5.4.0.5

Outil de calculV5.55\_WD

## Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	Hall_LI_ilots_v5
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2021 à 12:22:28 avec l'interface graphique v. 5.4.0.5
Date de création du fichier de résultats :	23/6/21

## I. DONNEES D'ENTREE :

### Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8** m

### Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		<b>89,0</b>		
Largeur maximum de la cellule (m)		<b>97,0</b>		
Hauteur maximum de la cellule (m)		<b>35,0</b>		
Coin 1	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 2	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 3	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 4	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	



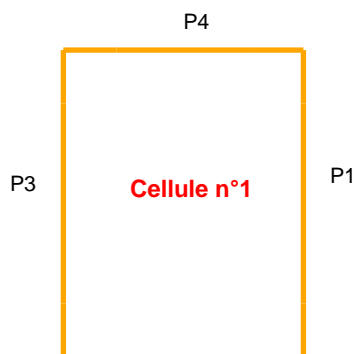
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
H (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
H sto (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>



### Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	<b>15</b>
Résistance au feu des pannes (min)	<b>15</b>
Matériaux constituant la couverture	<b>Panneaux sandwich - laine de roche</b>
Nombre d'exutoires	<b>0</b>
Longueur des exutoires (m)	<b>3,0</b>
Largeur des exutoires (m)	<b>2,0</b>

## Parois de la cellule : Cellule n°1



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
<b>Composantes de la Paroi</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>	<b>Multicomposante</b>
<b>Structure Support</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>	<b>Poteau Acier</b>
<b>Nombre de Portes de quais</b>	1	1	1	3
<b>Largeur des portes (m)</b>	7,0	92,0	7,0	7,0
<b>Hauteur des portes (m)</b>	5,0	27,0	5,0	5,0
	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>	<i>Partie en haut à gauche</i>
<b>Matériau</b>	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	bardage double peau
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	1	1	1	4
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	1	1	1	4
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	1	1	1	4
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	1	1	1	4
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	7,5	7,0	7,5	11,0
	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>	<i>Partie en haut à droite</i>
<b>Matériau</b>	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	Panneaux sandwich-polyurethane	bardage double peau
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	1	1	1	4
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	1	1	1	4
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	1	1	1	4
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	1	1	1	4
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	7,5	7,0	7,5	11,0
	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>	<i>Partie en bas à gauche</i>
<b>Matériau</b>	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	Panneaux sandwich-polyurethane
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	4	4	4	1
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	4	4	4	1
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	4	4	4	1
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	4	4	4	1
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	27,5	28,0	27,5	24,0
	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>	<i>Partie en bas à droite</i>
<b>Matériau</b>	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	Panneaux sandwich-polyurethane
<b>R(i) : Résistance Structure(min)</b>	4	4	4	1
<b>E(i) : Etanchéité aux gaz (min)</b>	4	4	4	1
<b>I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)</b>	4	4	4	1
<b>Y(i) : Résistance des Fixations (min)</b>	4	4	4	1
<b>Largeur (m)</b>	44,5	48,5	44,5	48,5
<b>Hauteur (m)</b>	27,5	28,0	27,5	24,0

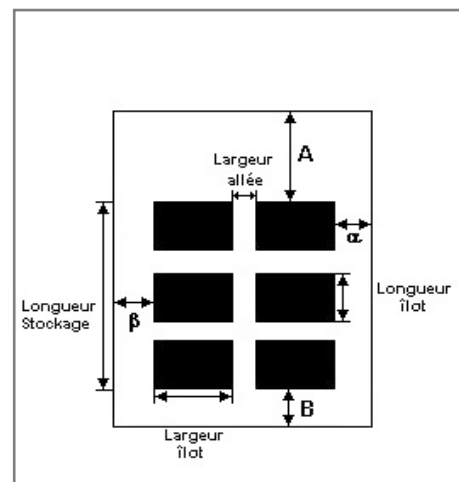
## Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage

Masse

### Dimensions

Longueur de préparation A	0,0 m
Longueur de préparation B	0,0 m
Déport latéral a	31,7 m
Déport latéral b	31,7 m
Hauteur du canton	0,0 m



### Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	2
Largeur des îlots	6,8 m
Longueur des îlots	89,0 m
Hauteur des îlots	4,1 m
Largeur des allées entre îlots	20,0 m



## Palette type de la cellule Cellule n°1

### Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,0 m
Largeur de la palette :	1,0 m
Hauteur de la palette :	1,0 m
Volume de la palette :	1,0 m <sup>3</sup>
Nom de la palette :	A321

Poids total de la palette : 38,0 kg

### Composition de la Palette (Masse en kg)

Synthétique	Acier	Aluminium	NC	NC	NC	NC
7,6	7,6	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0

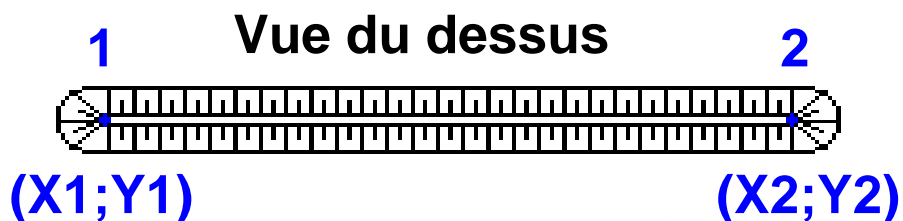
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

### Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	13,6 min
Puissance dégagée par la palette :	322,4 kW

## Merlons



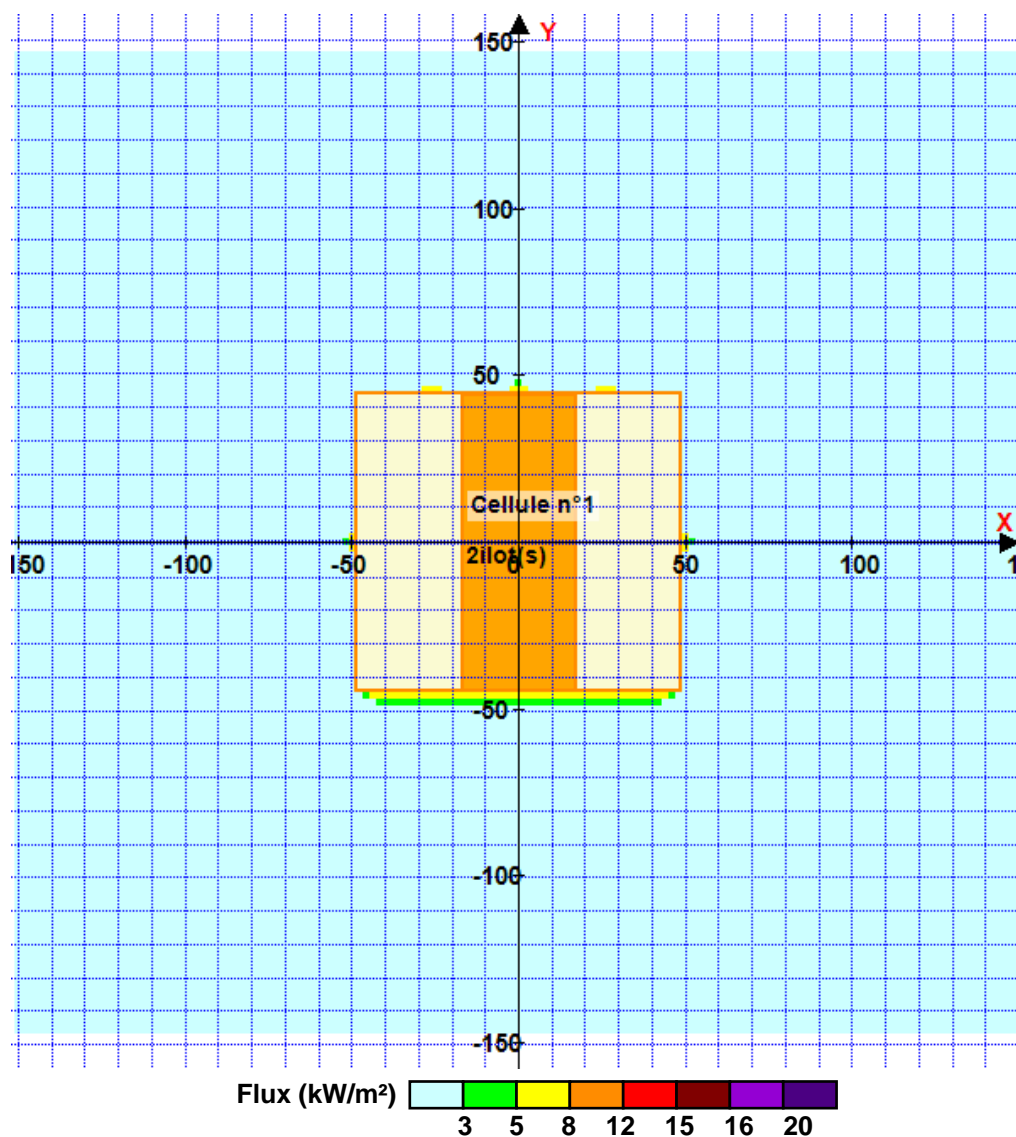
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 **61,0** min

### Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.



Interface graphique v.5.4.0.5

Outil de calculV5.55\_WD

# Flux Thermiques

## Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	Hall_LI_ilots_v6
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	23/06/2021 à 12:23:34 avec l'interface graphique v. 5.4.0.5
Date de création du fichier de résultats :	23/6/21

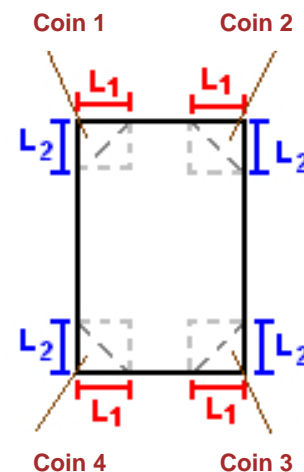
## I. DONNEES D'ENTREE :

### Donnée Cible

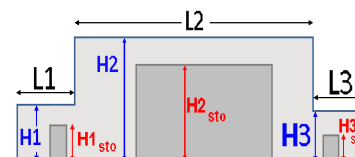
Hauteur de la cible : **1,8 m**

### Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		<b>89,0</b>		
Largeur maximum de la cellule (m)		<b>97,0</b>		
Hauteur maximum de la cellule (m)		<b>35,0</b>		
Coin 1	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 2	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 3	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	
Coin 4	<b>non tronqué</b>	L1 (m)	<b>0,0</b>	
		L2 (m)	<b>0,0</b>	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
H (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
H sto (m)	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>



### Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	<b>15</b>
Résistance au feu des pannes (min)	<b>15</b>
Matériaux constituant la couverture	<b>Panneaux sandwich - laine de roche</b>
Nombre d'exutoires	<b>0</b>
Longueur des exutoires (m)	<b>3,0</b>
Largeur des exutoires (m)	<b>2,0</b>





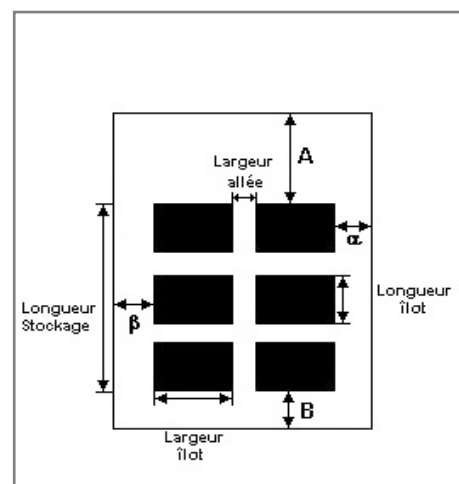
## Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage

Masse

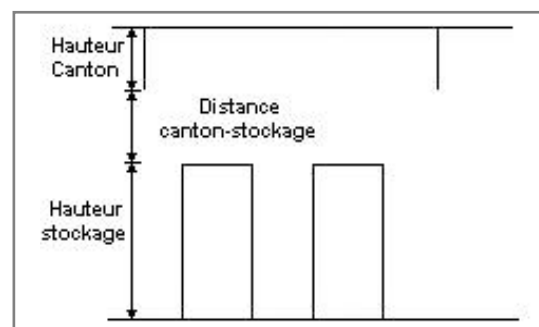
### Dimensions

Longueur de préparation A	0,0 m
Longueur de préparation B	0,0 m
Déport latéral a	31,7 m
Déport latéral b	31,7 m
Hauteur du canton	0,0 m



### Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	2
Largeur des îlots	6,8 m
Longueur des îlots	89,0 m
Hauteur des îlots	4,1 m
Largeur des allées entre îlots	20,0 m



## Palette type de la cellule Cellule n°1

### Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,0 m
Largeur de la palette :	1,0 m
Hauteur de la palette :	1,0 m
Volume de la palette :	1,0 m <sup>3</sup>
Nom de la palette :	A321

Poids total de la palette : 38,0 kg

### Composition de la Palette (Masse en kg)

Synthétique	Acier	Aluminium	NC	NC	NC	NC
7,6	7,6	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0

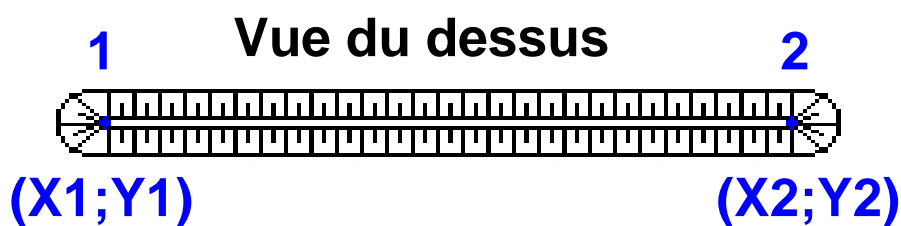
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

### Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	13,6 min
Puissance dégagée par la palette :	322,4 kW

## Merlons



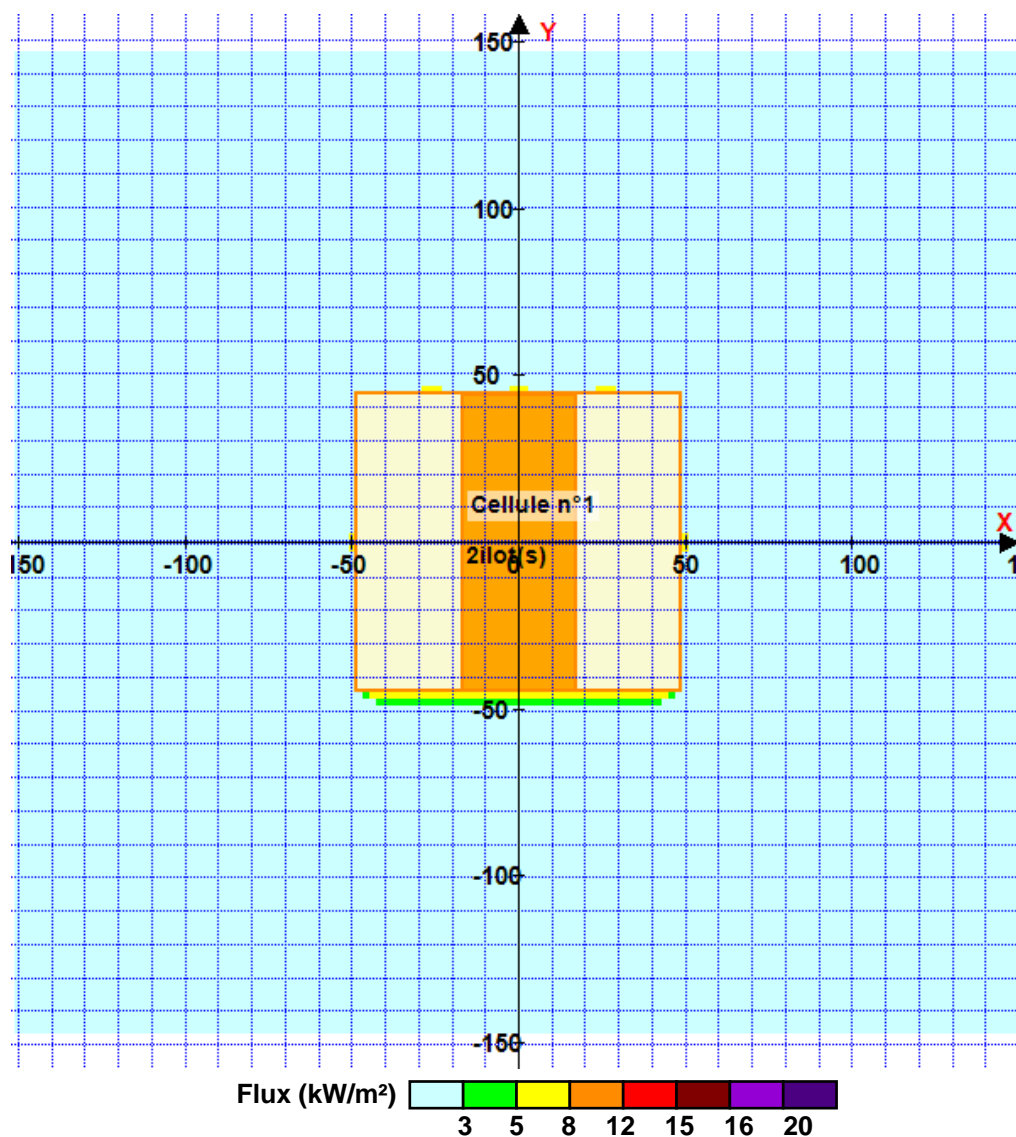
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 **61,0** min

### Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.