

## Étude d'Ingénierie de la Sécurité Incendie N° 021216-A

Selon l'arrêté du 22 mars 2004 modifié du Ministère de l'Intérieur

### COMPORTEMENT AU FEU DES BATIMENTS 1, 3, 4 ET 5

**Projet :** Transports Jean Juin  
Parc d'activité le resto  
56 920 SAINT GERAND

**Demandeur :** Transports Jean Juin  
Parc d'activité le resto  
56 920 SAINT GERAND

**Date :** 20/12/2019

**Indice de révision :** A

**Auteur :** EL BOAZZATI Hossain

Cette étude comporte 24 pages.

Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Suivi des modifications

Indice de révision	Date	Objet de la révision	Rédaction	Vérification
A	20/12/2019	Version initiale	HEB	CNL

Page	Révision											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
01	X											
02	X											
03	X											
04	X											
05	X											
06	X											
07	X											
08	X											
09	Xx											
10	X											
11	X											
12	X											
13	X											
14	X											
15	X											
16	X											
17	X											
18	X											
19	X											
20	X											
21	X											
22	X											
23	X											
24	X											
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												

Page	Révision											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												

Page	Révision											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
101												
102												
103												
104												
105												
106												
107												
108												
109												
110												
111												
112												
113												
114												
115												
116												
117												
118												
119												
120												
121												
122												
123												
124												
125												
126												
127												
128												
129												
130												
131												
132												
133												
134												
135												
136												
137												
138												
139												
140												
141												
142												
143												
144												
145												
146												
147												
148												
149												
150												

## Sommaire

<b>Comportement au feu des bâtiments 1, 3, 4 et 5.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Objet de l'étude.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Documents de références.....</b>	<b>5</b>
2.1 Documents règlementaires ou normatifs.....	5
2.2 Documents techniques.....	5
<b>3 Description des bâtiments.....</b>	<b>6</b>
3.1 Bâtiment 1.....	6
3.2 Bâtiment 3.....	7
3.3 Bâtiments 4 et 5.....	8
<b>4 Démarche de l'analyse.....</b>	<b>9</b>
4.1 Exigences de stabilité et objectif de sécurité.....	9
4.2 Démarches de l'analyse.....	9
4.2.1 Stabilité de la structure.....	9
4.2.2 Justification des modes de ruine.....	9
<b>5 Hypothèses de calcul.....</b>	<b>10</b>
5.1 Actions sur structure.....	10
5.2 Propriétés des matériaux.....	10
5.3 Action thermique.....	11
5.4 Conditions aux limites.....	11
<b>6 Description des modèles numériques.....</b>	<b>12</b>
6.1 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 10.....	12
6.2 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 13.....	13
6.3 Bâtiment 3 - Modèle du portique courant file 2.....	13
6.4 Bâtiment 3 - Modèle de la palée de stabilité file C.....	14
6.5 Bâtiments 4 et 5 - Modèle du portique courant file 9.....	14
6.6 Bâtiments 4 et 5 - Modèle de la palée de stabilité file B.....	15
6.7 Sections thermo-mécaniques.....	15
<b>7 Résultats : structure transversale.....</b>	<b>17</b>
7.1 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 10.....	17
7.2 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 13.....	18
7.3 Bâtiment 3 - Modèle du portique courant file 2.....	19
7.4 Bâtiment 3 - Modèle de la palée de stabilité file C.....	20
7.5 Bâtiments 4 et 5 - Modèle du portique courant file 9.....	21
7.6 Bâtiments 4 et 5 - Modèle de la palée de stabilité file B.....	22

<b>8</b>	<b>Analyse des résultats et conclusion de l'étude.....</b>	<b>23</b>
<b>8.1</b>	<b>Synthèse et analyse des résultats .....</b>	<b>23</b>
8.1.1	Durées de résistance au feu et modes de ruine .....	23
8.1.2	Non ruine en chaîne .....	23
<b>8.2</b>	<b>Conclusions de l'étude.....</b>	<b>24</b>
<b>8.3</b>	<b>Proposition des principes de traitement et de renforcement des structures métalliques .....</b>	<b>24</b>

## 1 OBJET DE L'ÉTUDE

---

Pour répondre aux demandes de la DREAL, la Sté des transports JEAN JUIN sollicite le CERIB, laboratoire agréé en résistance au feu, afin d'établir une étude de comportement au feu sous feu normalisé ISO 834 des structures métalliques des bâtiments 1, 3, 4 et 5.

Ces 4 bâtiments sont situés sur le site de Saint Gérand (56).

Notre travail consiste plus particulièrement à évaluer la durée de résistance au feu et les modes de ruines (non-ruine vers l'extérieur et non-ruine en chaîne entre bâtiments voisins).

## 2 DOCUMENTS DE REFERENCES

---

### 2.1 Documents règlementaires ou normatifs

- [1]. Eurocode 0 – Eurocodes structureaux – Bases de calcul des structures (mars 2003) et son annexe nationale (décembre 2011).
- [2]. Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-2 : actions générales – Actions sur les structures exposées au feu (juillet 2003) et son annexe nationale (février 2007).
- [3]. Eurocode 3 – Calcul des structures en aciers – Partie 1-2 : règles générales – Comportement au feu (Novembre 2005) et son annexe nationale (octobre 2007).
- [4]. Arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.
- [5]. Arrêté du 11 avril 2017 relatif à la prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510, y compris ceux relevant également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 2.2 Documents techniques

- [6]. Plans de la structure métallique des bâtiments 1, 3, 4 et 5.

### 3 DESCRIPTION DES BATIMENTS

Les bâtiments 1, 3, 4 et 5 sont implantés sur le site de St Gérard selon la configuration représentée par la figure ci-dessous.

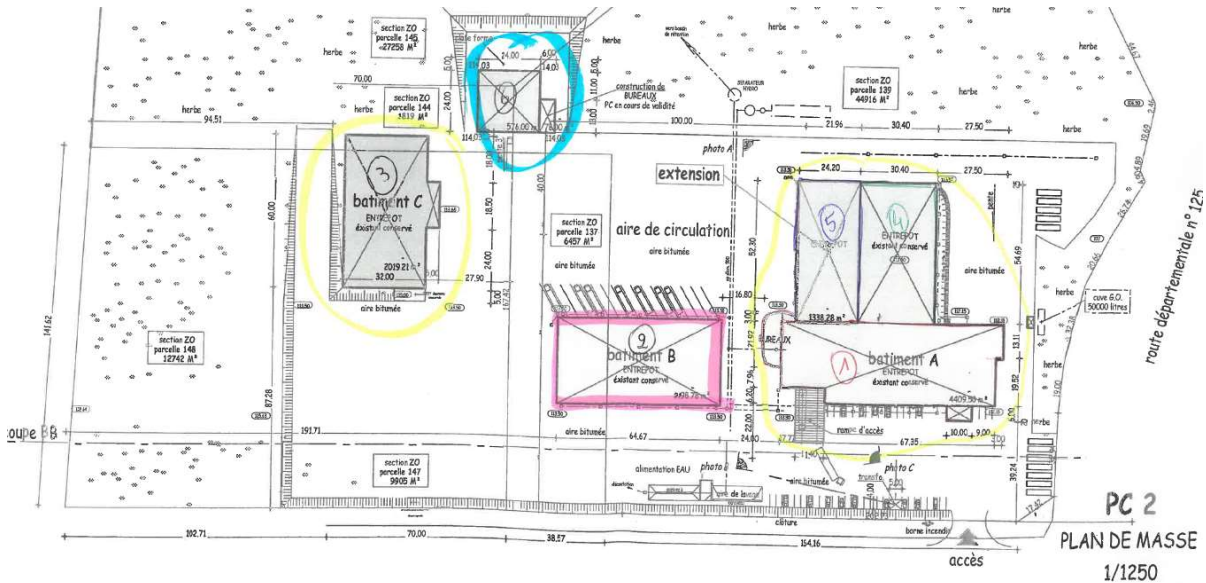


Figure 3-1. Extrait du plan de masse du site

Ces 4 bâtiments sont destinés à du stockage de gâteaux sur palettes.

Les bâtiments 4 et 5 sont reliés par leurs structures et sont implantés à proximité du bâtiment 1 avec une indépendance structurelle (*joint de dilatation réalisé avec un jeu entre les structures*).

Quant au bâtiment 3, il est implanté de manière isolée.

#### 3.1 Bâtiment 1

La structure métallique du bâtiment 1 est composée, dans le sens transversal, de portiques de portées variables (portées de 25,62 m et de 31,89 m). L'écartement entre les portiques est également variable allant de 6,00 m à 7,25 m.

Les sections composant ces portiques sont en Profils Reconstitués Soudés (PRS) et en profils laminés à chaud de type IPE.

La stabilité du bâtiment est assurée de la manière suivante :

- Dans le sens transversal du bâtiment, la stabilité est assurée par ces portiques ;
- **Dans le sens longitudinal du bâtiment, nous n'avons pas d'informations sur la structure de stabilité.**

Les pannes supportant la couverture de ce bâtiment sont de type IPE.

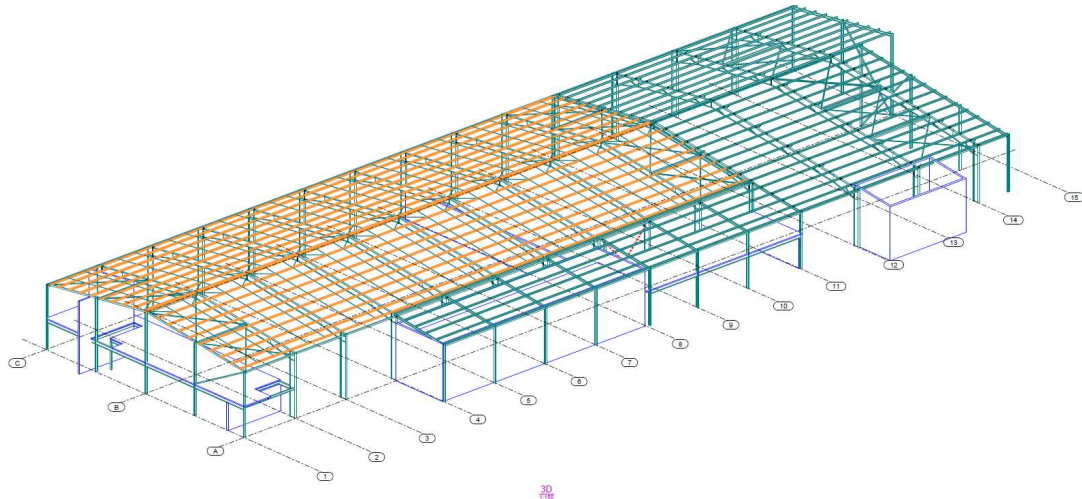


Figure 3-2. Vue 3D de la structure du bâtiment 1

### 3.2 Bâtiment 3

La structure métallique du bâtiment 3 est composée, dans le sens transversal, de portiques avec une portée constante de 32,00 m. L'écartement entre les portiques est également constant et ayant pour valeur 6,00 m.

Les sections composant ces portiques sont en :

- Profilés Reconstitués Soudés (PRS) pour les traverses ;
- Et en profilés laminés à chaud de type IPE pour les poteaux.

La stabilité du bâtiment est assurée de la manière suivante :

- Dans le sens transversal du bâtiment, la stabilité est assurée par ces portiques ;
- Dans le sens longitudinal du bâtiment, la stabilité est assurée par des palées de stabilités composées de diagonales et de croix de St-André.

Les pannes supportant la couverture de ce bâtiment sont de type IPE.

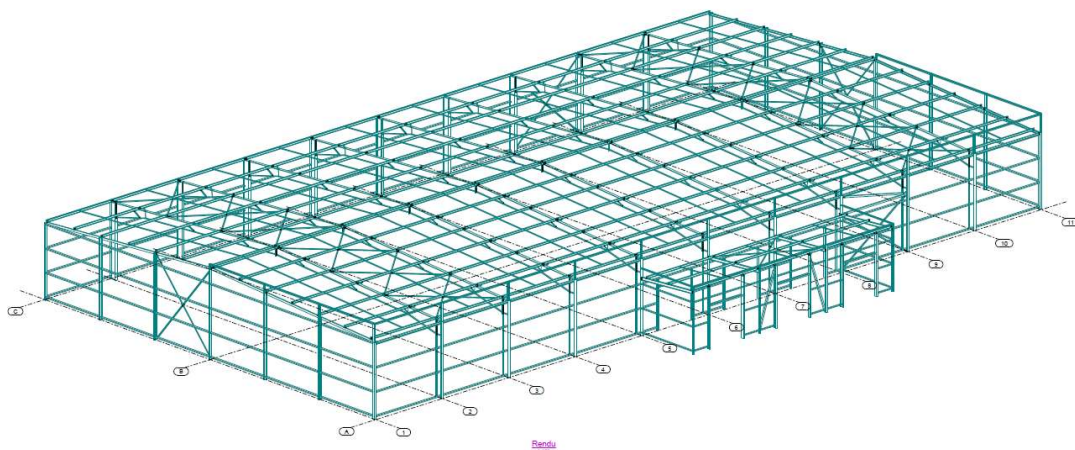


Figure 3-3. Vue 3D de la structure du bâtiment 3

### 3.3 Bâtiments 4 et 5

Les structures métalliques des bâtiments 4 et 5 sont reliées entre elles à travers la file A. Cette liaison correspond à une extension du bâtiment 4.

Dans le sens transversal, la structure est donc composée de portiques à 2 nefs. La première nef du bâtiment 4 a une portée constante de 29,42 m. Cette nef a été prolongée par la deuxième nef du bâtiment 5 dont la portée est de 24,11 m.

Les écartements entre les portiques sont de 6,00 m pour la partie courante et 7,25 m pour la travée de rive côté file 1.

Les sections composant ces portiques sont en Profilés Reconstitués Soudés (PRS) pour les poteaux et les traverses.

La stabilité des bâtiments est assurée de la manière suivante :

- Dans le sens transversal des bâtiments, la stabilité est assurée par ces portiques ;
- Dans le sens longitudinal des bâtiments, la stabilité est assurée par des palées de stabilités composées de croix de St-André.

Les pannes supportant la couverture de ce bâtiment sont de type IPE.

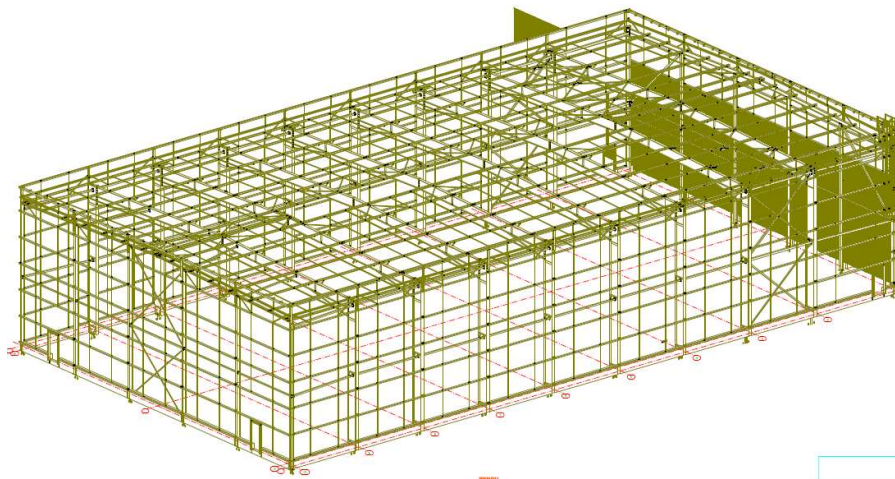


Figure 3-4. Vue 3D de la structure du bâtiment 4

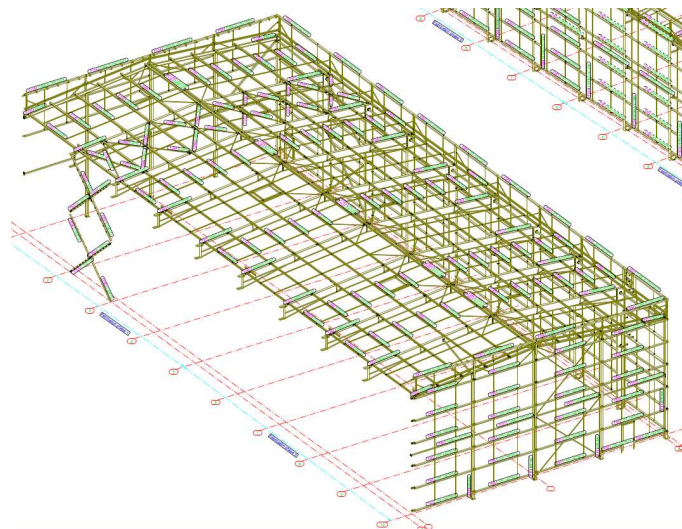


Figure 3-5. Vue 3D de la structure du bâtiment 5



## 4 DEMARCHE DE L'ANALYSE

---

### 4.1 Exigences de stabilité et objectif de sécurité

Tableau 4-1. Exigences de stabilité requises.

ÉLÉMENTS	EXIGENCES DE STABILITE
- Ensemble de la structure porteuse	*

*\*Nota : Dans cette étude, nous évaluons le temps de ruine. Ce temps permettra d'avoir une donnée à confronter vis-à-vis de la réglementation.*

Tableau 4-2. Objectifs de sécurité vis-à-vis de la structure.

OBJECTIFS DE SECURITE
- Non ruine de la structure vers l'extérieur
- Non ruine en chaîne de la structure

### 4.2 Démarches de l'analyse

#### 4.2.1 Stabilité de la structure

Les calculs non linéaires prennent en compte les lois de comportement des matériaux tels que définies par l'Eurocode 3 [3]. Implicitement, la convergence des calculs sous-entend la vérification des contraintes / déformation dans les sections. Cette convergence, à chaque itération (pas de temps de calcul), correspond à un état d'équilibre valant critère de stabilité de la structure. L'observation d'un comportement « asymptotique » peut être assimilée à la ruine d'un élément de structure.

#### 4.2.2 Justification des modes de ruine

Une ruine vers l'intérieur se justifie par une ruine de la structure échauffée sur son emprise au sol. Elle s'argumente globalement par :

- L'orientation des déplacements des têtes de poteaux : Le visuel des déplacements en tête des poteaux lors de la ruine permet de statuer sur le mode de ruine ;
- La localisation de la ruine et le type de ruine permettent de confirmer le mode de ruine.

La justification de la ruine vers l'intérieur est obtenue à l'aide d'analyse des résultats des modèles numériques.

La non-ruine en chaîne se justifie par la tenue de la structure froide après une apparition d'une ruine de la structure échauffée adjacente. Pour ce faire, une analyse des dispositions constructives présentes sur le longpan du bâtiment 1 accolé aux bâtiments 4 et 5 est réalisée dans l'objectif de conclure sur la non-ruine en chaîne.

## 5 HYPOTHESES DE CALCUL

---

### 5.1 Actions sur structure

Les chargements permanents utilisés pour cette étude sont, d'après l'analyse des plans [6] :

- Le poids-propre des éléments métalliques (masse volumique de 7 850 kg/m<sup>3</sup>) avec une majoration de 10% pour prise en compte des assemblages et soudures ;
- Poids de la couverture multicouche avec étanchéité : 25 kg/m<sup>2</sup> ;
- Charges diverses sous toiture : 5 kg/m<sup>2</sup>.

Concernant les charges climatiques, les hypothèses prises sont les suivantes :

- Vent :
  - Région 3 ;
  - Rugosité IIIa.

La pression dynamique de pointe correspondante est de 81,3 kg/m<sup>2</sup>. Cette pression associée aux coefficients de pression extérieur et intérieur donne un chargement. Ce dernier est appliqué à travers un effort ponctuel en tête des portiques transversaux ou en tête des portiques de stabilité. Le sens du vent est défini de manière à maximiser les déplacements vers l'extérieur (effort en direction de l'extérieur).

- Neige :
  - Région A1 ;
  - Altitude < 200 m.

Les actions sur les structures sont classées comme des actions accidentelles (cf. Eurocode 0, §6.4.3.3). L'effet du vent ou de la neige est pris en compte en tant que variable principale dans le calcul de stabilité au feu. La combinaison d'action est alors :

$$G + \psi_{1,1}(W \text{ ou } S_n)$$

- avec :
- G : charges permanentes
  - W : effet du vent, action variable principale
  - S<sub>n</sub> : effet de la neige, action variable principale
  - ψ<sub>1,1</sub> : coefficient définissant la valeur fréquente de l'action variable principale,  
= 0,2 (cf. Eurocode 0, Annexe A1, Tableau A1.1, charges dues au vent ou à la neige).

### 5.2 Propriétés des matériaux

#### Profilés métalliques

##### Propriétés thermiques

a <sub>c,fe</sub> =	25	[W/m <sup>2</sup> .K]	Facteur de convection en face exposée
a <sub>c,fne</sub> =	4	[W/m <sup>2</sup> .K]	Facteur de convection en face non exposée
ε =	0.7	[-]	Coefficient d'émissivité résultante

##### Propriétés mécaniques

ν =	0.3	[-]	Coefficient de Poisson
E =	210	[GPa]	Module d'élasticité
f <sub>yK</sub>	235	[MPa]	Résistance caractéristique

### 5.3 Action thermique

L'action thermique appliquée sur les éléments de la structure correspond à la courbe normalisée ISO 834 température / temps régie par l'équation :

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

- avec :
- $\theta_g$  : température des gaz [°C] ;
  - t : temps [min].

Les sections métalliques sont échauffées sur tous leurs contours.

Les bâtiments ne disposant pas de compartimentage avec des murs coupe-feu, le feu est supposé agir dans tout le volume des bâtiments.

### 5.4 Conditions aux limites

Dans le sens transversal des bâtiments, les portiques sont considérés articulés en pied et encastés en tête.

Dans le sens longitudinal des bâtiments, les stabilités sont considérées avec des liaisons articulées en pied des poteaux et également entre les liaisons des éléments de stabilités.

## 6 DESCRIPTION DES MODELES NUMERIQUES

Les modèles numériques sont établis et calculés à l'aide du logiciel éléments finis SAFIR développé par l'université de Liège en Belgique.

L'analyse des plans des bâtiments [6] a permis de sélectionner les modèles représentatifs des structures à évaluer. Ces modèles sont les suivants. Ils fonctionnent de manière indépendante car aucun couplage dans les deux directions qui aurait nécessité un modèle 3D n'est présent.

Sens du bâtiment	Structure	Bâtiment 1	Bâtiment 3	Bâtiments 4 et 5
Sens transversal	Portique courant	File 10	File 2	File 9
		File 13		
Sens longitudinal	Palée de stabilité	X (*)	File C	File B

(\*) Nous n'avons pas d'informations en termes de relevés sur ces structures.

Dans un premier temps, la structure des portiques courants est chargée avec la combinaison ayant comme action variable principale la charge de neige. Cette combinaison de chargement permet d'évaluer la durée de résistance au feu et d'analyser le mode de ruine. Suivant cette analyse, la combinaison avec le vent est considérée dans le sens défavorable vis-à-vis des déplacements vers l'extérieur de la structure considérée.

Quant à la structure des palées de stabilité, elle est chargée avec le vent comme action variable principale étant donné qu'elle n'est sollicitée majoritairement que par cette action.

De plus, les effets de voilement des âmes des PRS constituant les sections des portiques ne sont pas pris en compte. Ces effets seront analysés en fonction des résultats de la durée de résistance au feu.

### 6.1 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 10

Le modèle transversal réalisé est composé d'un portique avec une travée échauffée par le feu ISO.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

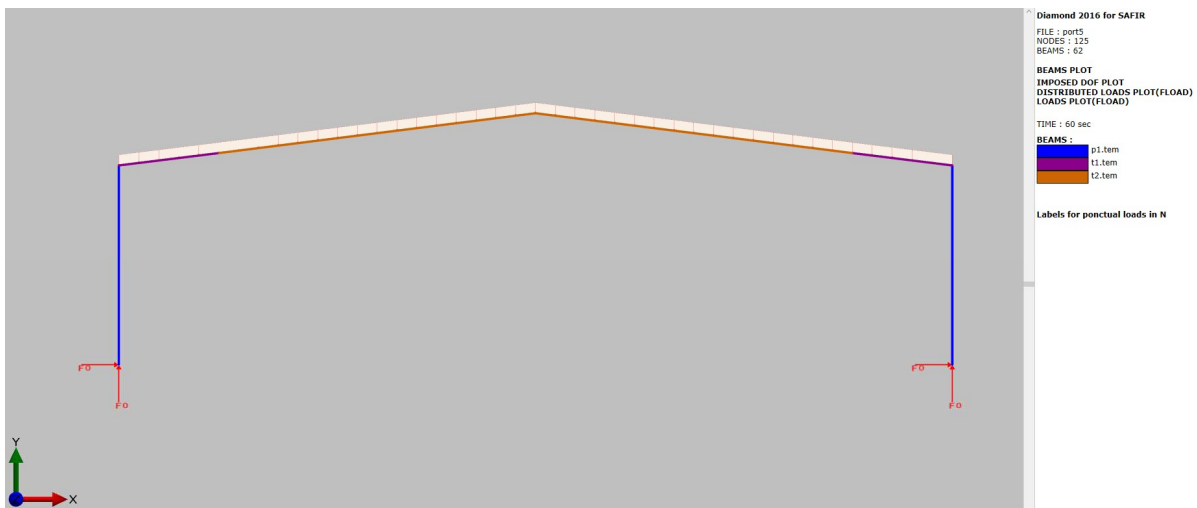


Figure 6-1. Modélisation du portique file 10 du bâtiment 1

## 6.2 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 13

Le modèle transversal réalisé est composé d'un portique avec une travée échauffée par le feu ISO. La particularité de cette travée est l'excentricité du faîtage.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

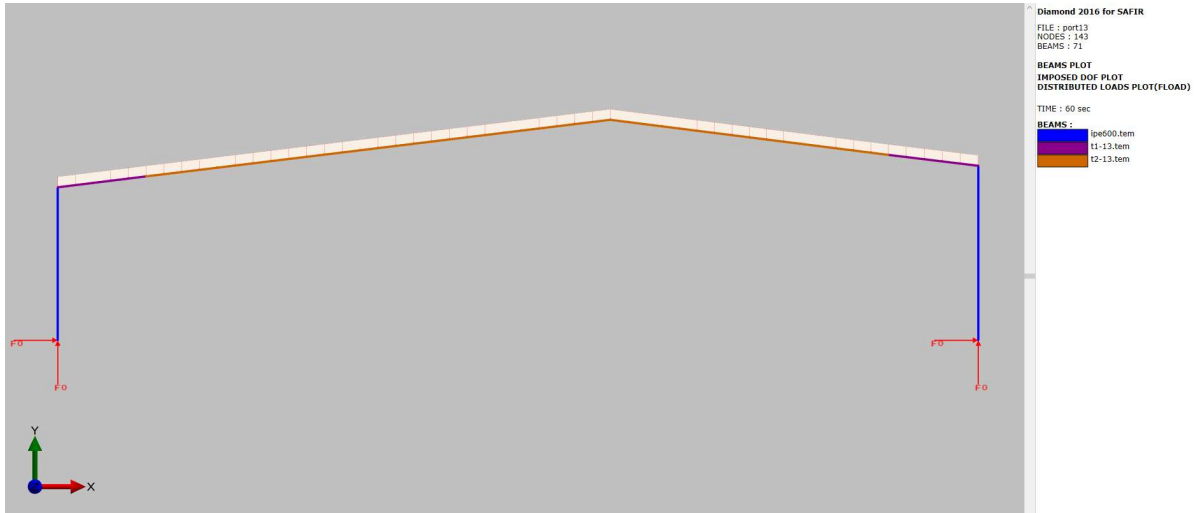


Figure 6-2. Modélisation du portique file 13 du bâtiment 1

## 6.3 Bâtiment 3 - Modèle du portique courant file 2

Le modèle transversal réalisé est composé d'un portique avec une travée échauffée par le feu ISO.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

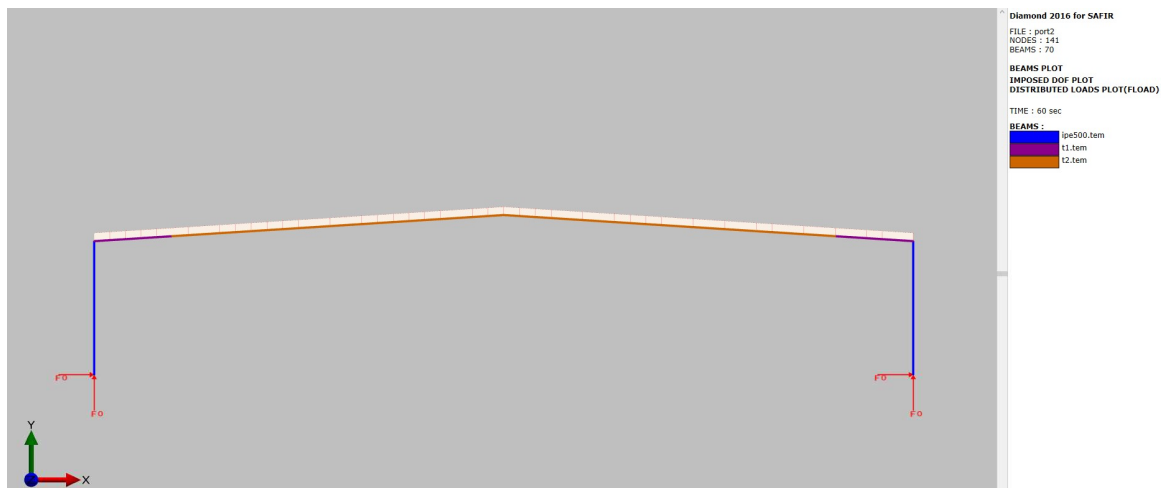


Figure 6-3. Modélisation du portique file 2 du bâtiment 3

### 6.4 Bâtiment 3 - Modèle de la palée de stabilité file C

Le modèle longitudinal est composé d'une palée de stabilité et de 9 travées de pannes. La palée de stabilité sert à reprendre les efforts de vent longitudinaux mais également les efforts horizontaux induits par l'échauffement des pannes. La palée de stabilité retient au total 6 cours de pannes échauffées. L'ensemble est échauffé par un feu ISO. Afin de prendre en compte le nombre de cours de pannes dans le modèle 2D, nous avons influé sur le chargement des pannes et sur leur rigidité.

Le vent est considéré s'appliqué dans le sens des Y positifs, ceci afin de maximiser les déplacements vers l'extérieur de la structure considérée.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

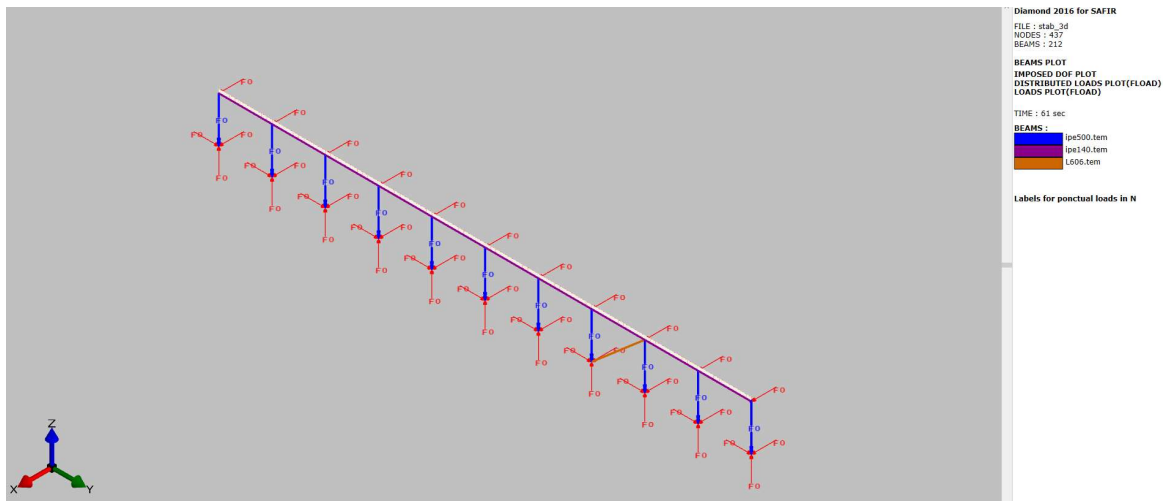


Figure 6-4. Modélisation de la palée de stabilité file C du bâtiment 3

### 6.5 Bâtiments 4 et 5 - Modèle du portique courant file 9

Le modèle transversal réalisé est composé d'un portique avec une travée échauffée par le feu ISO.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

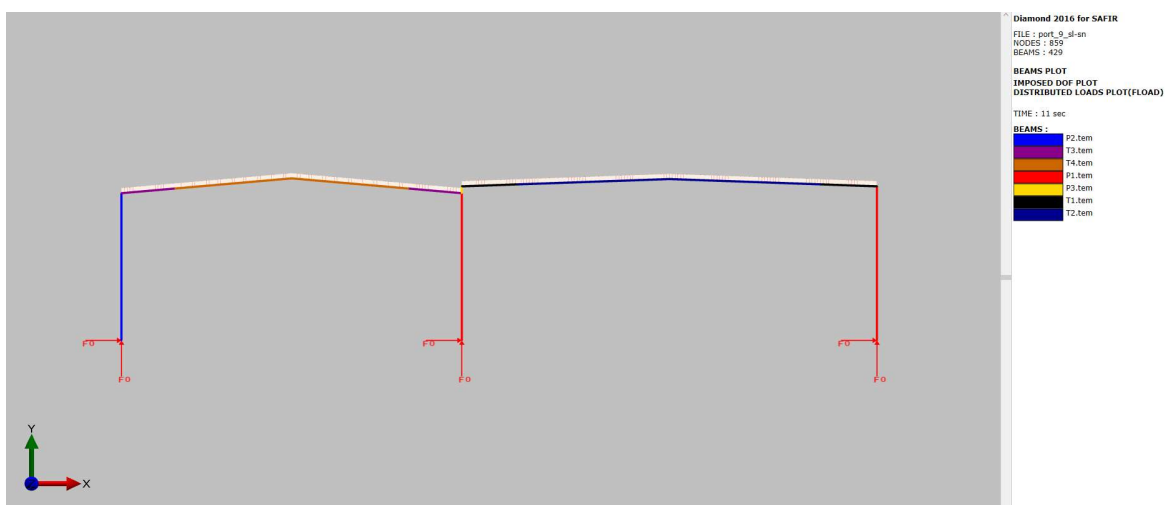


Figure 6-5. Modélisation du portique file 9 des bâtiments 4 et 5

## 6.6 Bâtiments 4 et 5 - Modèle de la palée de stabilité file B

Le modèle longitudinal est composé d'une palée de stabilité et de 8 travées de pannes. La palée de stabilité sert à reprendre les efforts de vent longitudinaux mais également les efforts horizontaux induits par l'échauffement des pannes. La palée de stabilité retient au total 7 cours de pannes échauffées. L'ensemble est échauffé par un feu ISO. Afin de prendre en compte le nombre de cours de pannes dans le modèle 2D, nous avons influé sur le chargement des pannes et sur leur rigidité.

Le vent est considéré s'appliqué dans le sens des Y négatifs, ceci afin de maximiser les déplacements vers l'extérieur de la structure considérée.

La figure ci-dessous présente le modèle numérique :

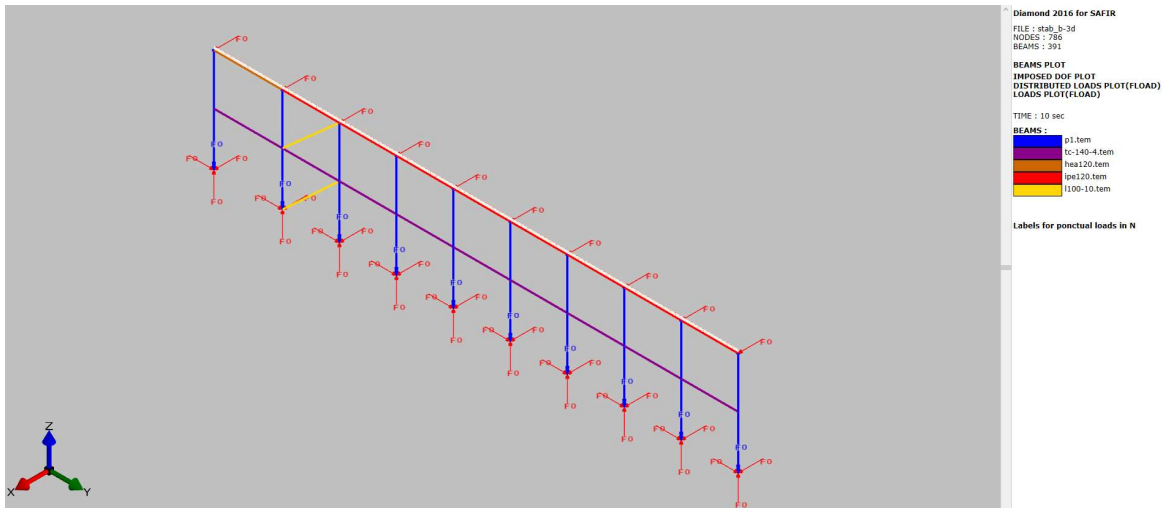
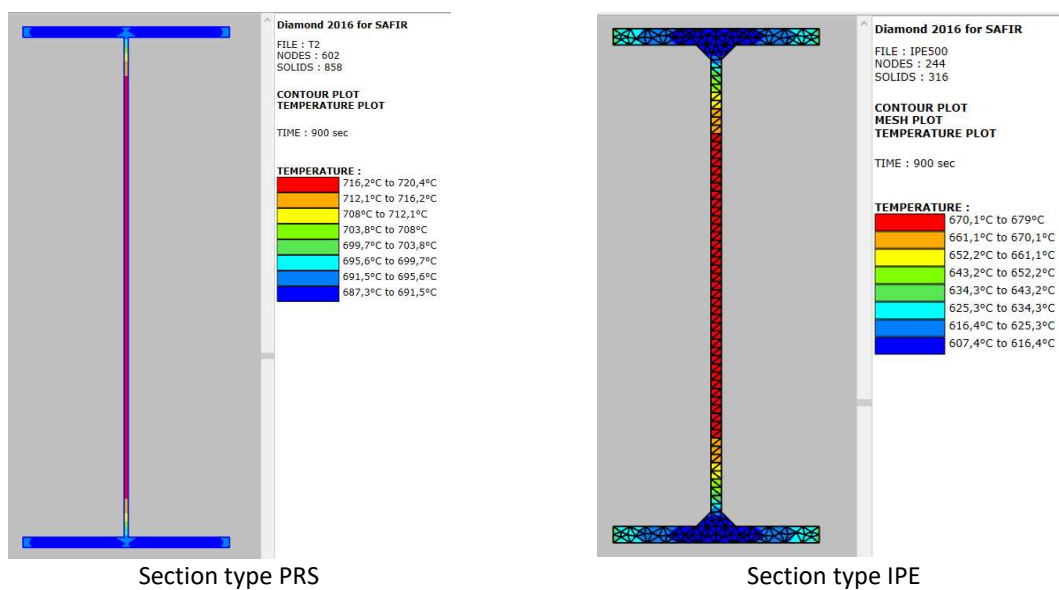


Figure 6-6. Modélisation de la palée de stabilité file B des bâtiments 4 et 5

## 6.7 Sections thermo-mécaniques

Nous présentons ci-après les sections thermomécaniques des sections de type PRS et de type IPE. Ces types de sections constituent la structure des portiques.



Section type PRS

Section type IPE

Figure 6-7. Températures dans les sections de types PRS et IPE au bout de 900 s

Nous présentons ci-après les sections thermomécaniques des sections de types cornière et tube carré formant les palées de stabilités.

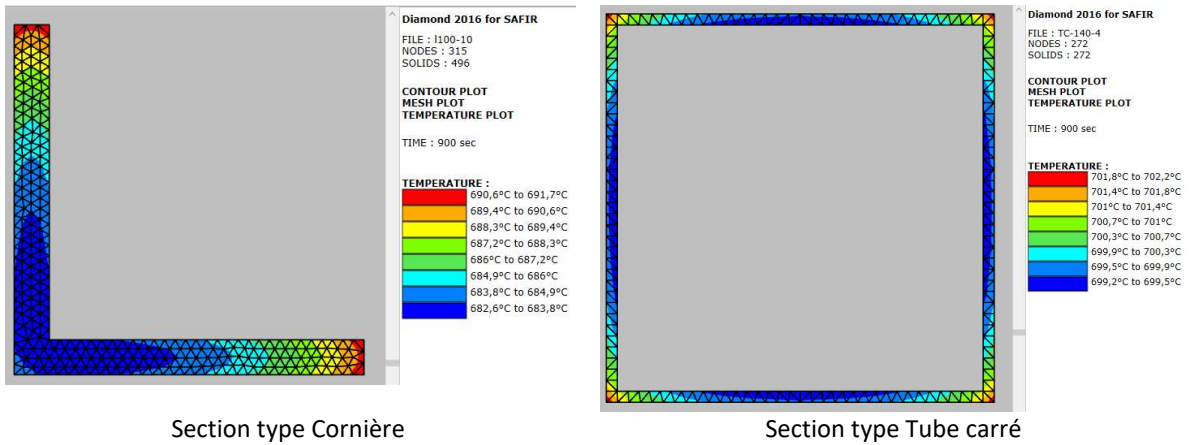


Figure 6-8. Températures dans les sections de types cornière et tube carré au bout de 900 s



## 7 RESULTATS : STRUCTURE TRANSVERSALE

### 7.1 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 10

Le modèle numérique converge jusqu'à 660 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

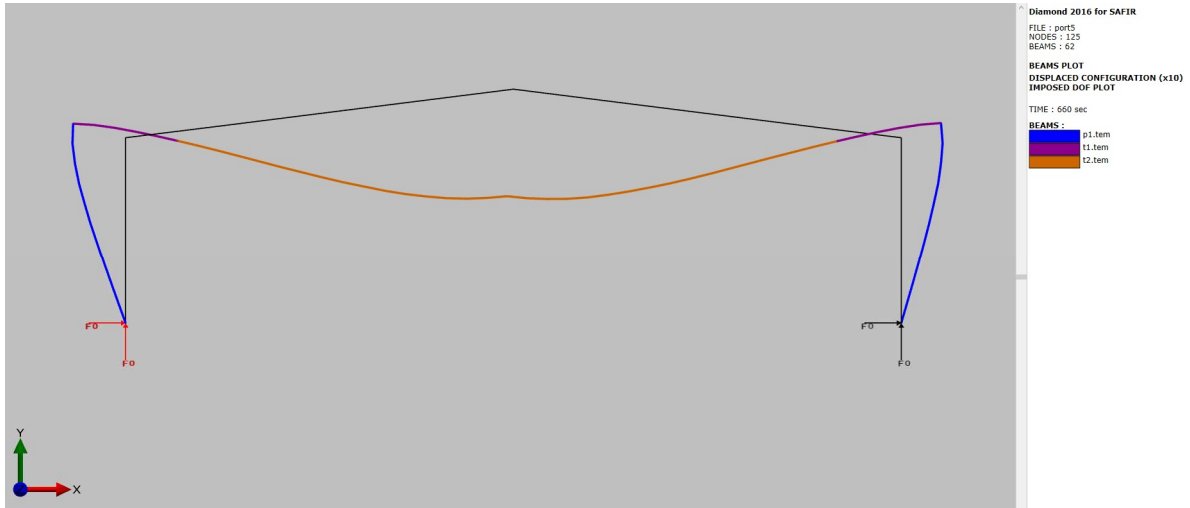


Figure 7-1. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de gauche en fonction du temps :

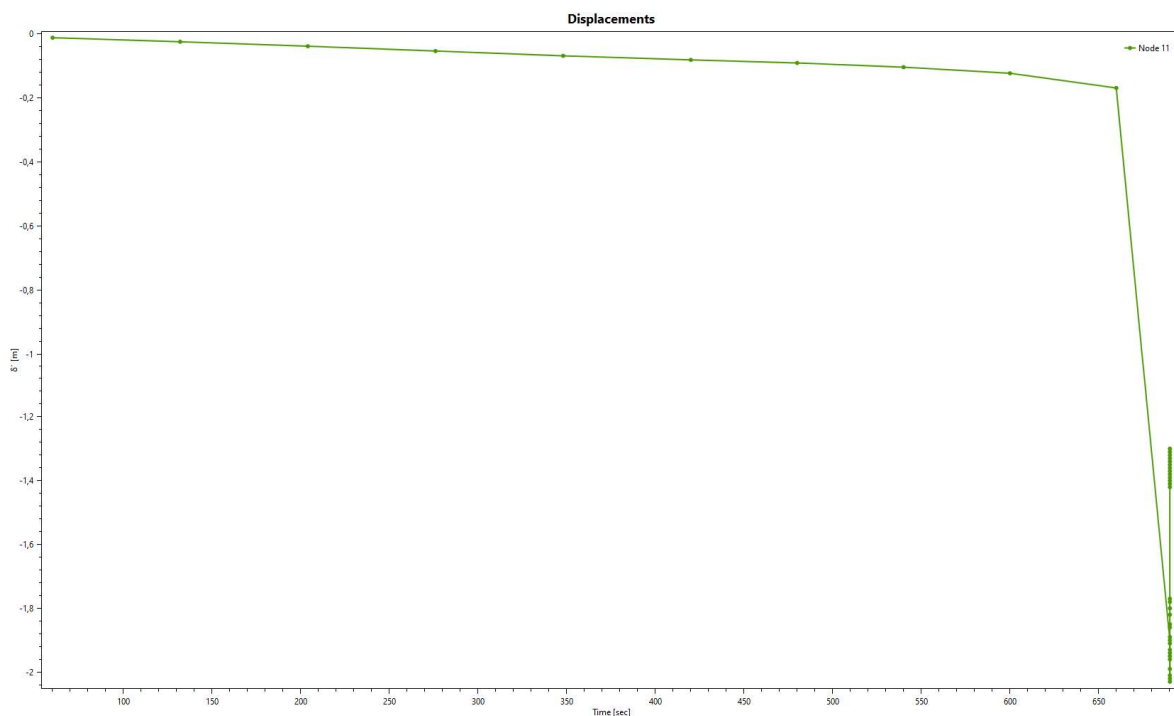


Figure 7-2. Déplacement horizontal en tête du poteau de gauche

Le poteau se déplace vers l'extérieur jusqu'au dernier pas de temps convergé. Il n'apparaît pas d'inversion du sens des déplacements du poteau.

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparaît au niveau de l'encastrement poteau/poutre.

## 7.2 Bâtiment 1 - Modèle du portique courant file 13

Le modèle numérique converge jusqu'à 624 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

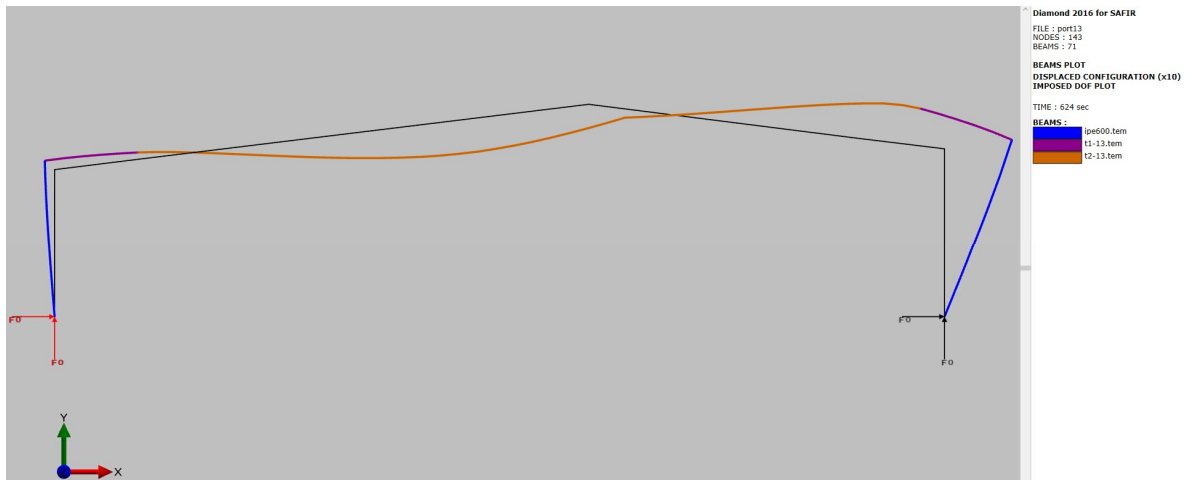


Figure 7-3. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de droite en fonction du temps :

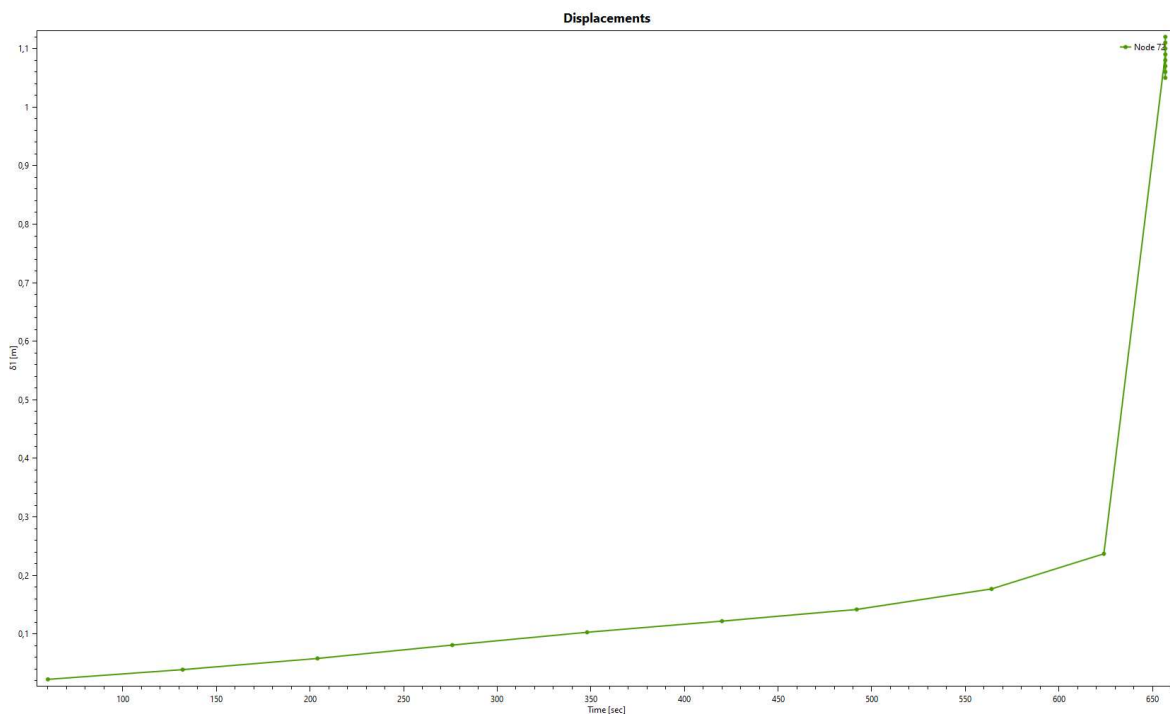


Figure 7-4. Déplacement horizontal en tête du poteau de droite

Le poteau se déplace vers l'extérieur jusqu'au dernier pas de temps convergé. Il n'apparaît pas d'inversion du sens des déplacements du poteau.

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparaît au niveau de l'encastrement poteau/poutre.

### 7.3 Bâtiment 3 - Modèle du portique courant file 2

Le modèle numérique converge jusqu'à 600 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

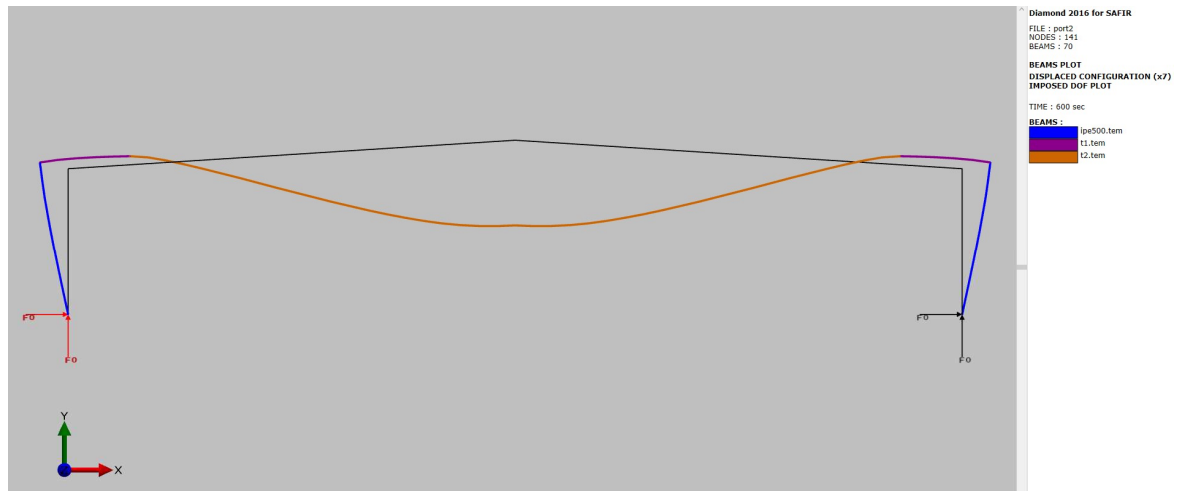


Figure 7-5. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de droite en fonction du temps :

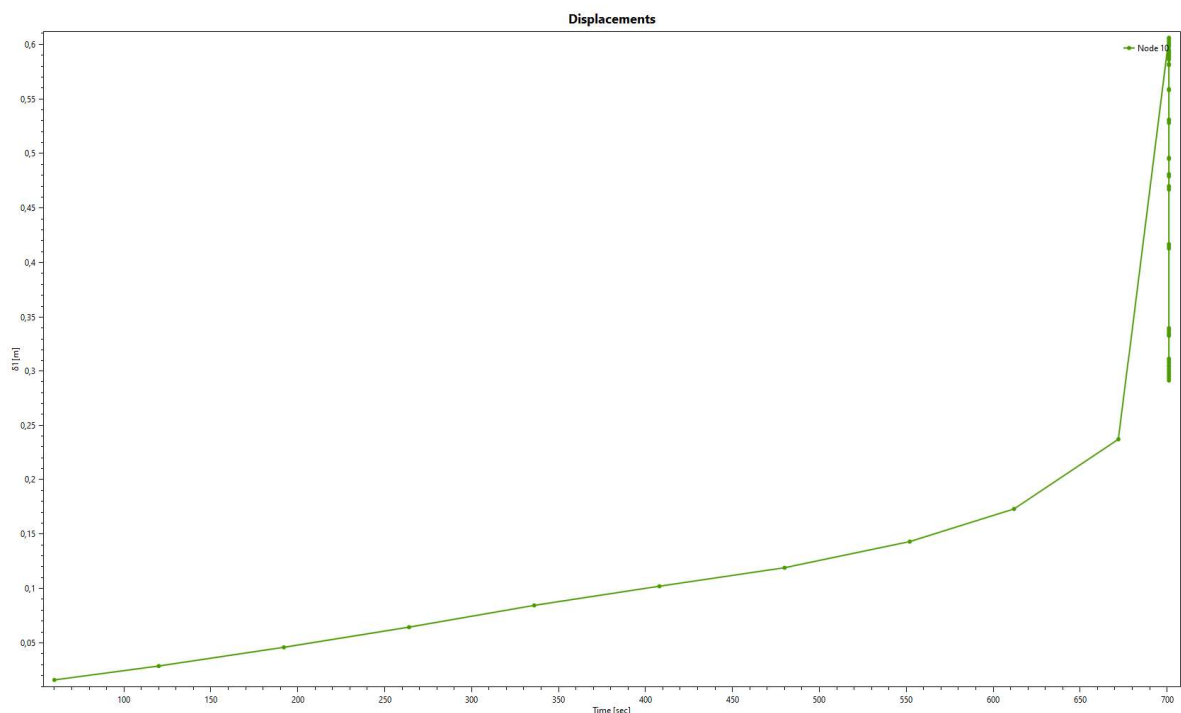


Figure 7-6. Déplacement horizontal en tête du poteau de droite

Le poteau se déplace vers l'extérieur jusqu'au dernier pas de temps convergé. Il n'apparaît pas d'inversion du sens des déplacements du poteau.

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparaît au niveau de l'encastrement poteau/poutre.

### 7.4 Bâtiment 3 - Modèle de la palée de stabilité file C

Le modèle numérique converge jusqu'à 1305 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

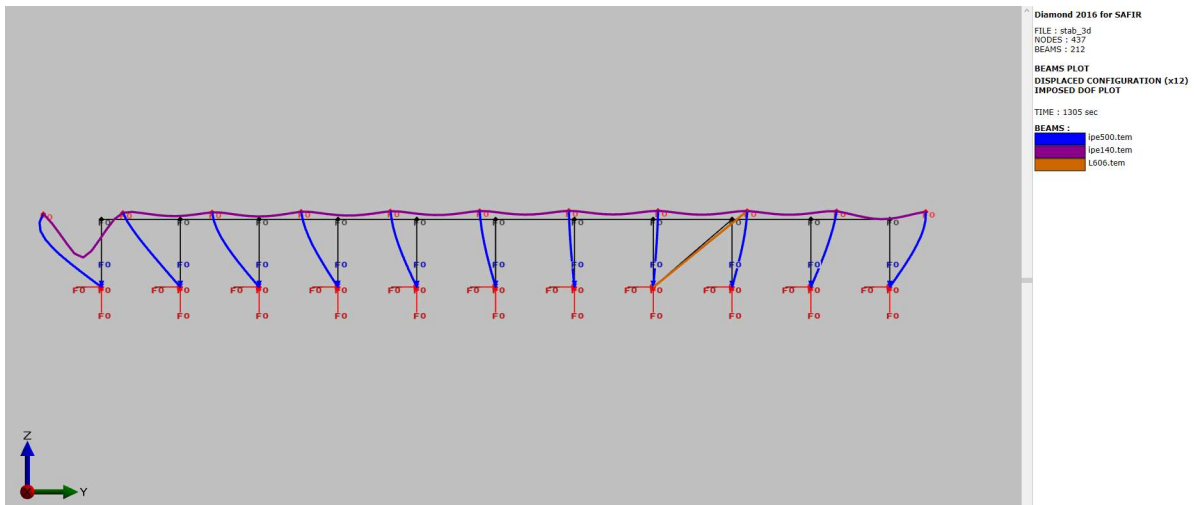


Figure 7-7. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de rive droite en fonction du temps :

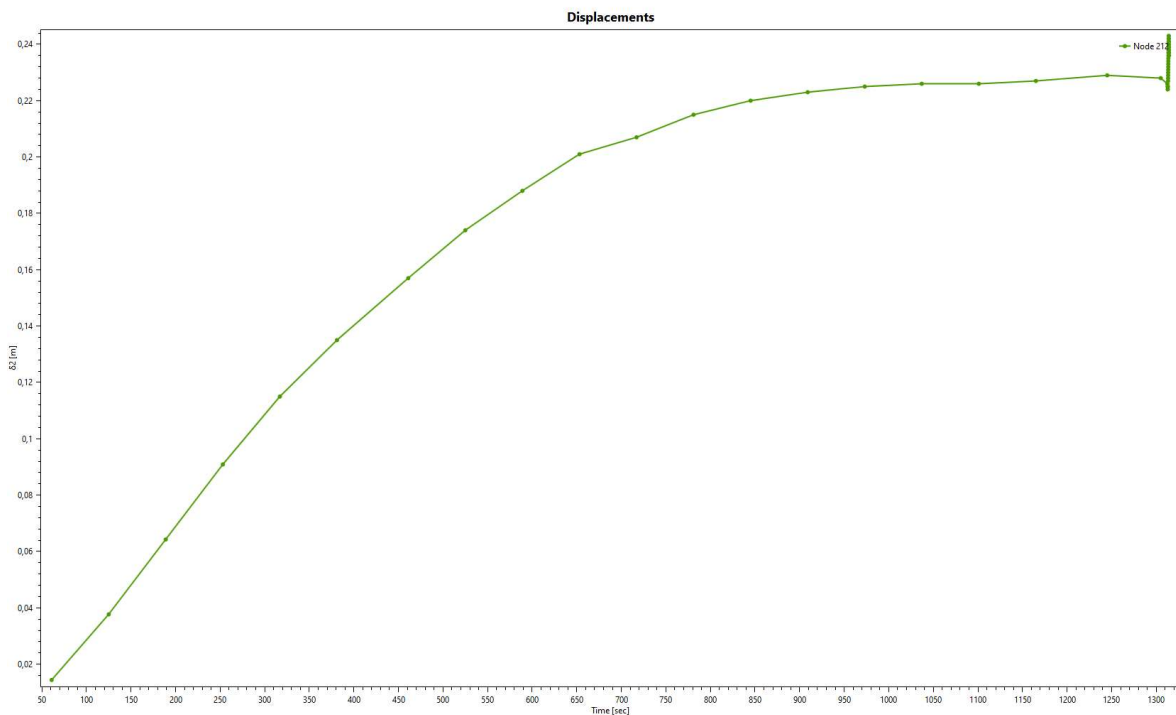


Figure 7-8. Déplacement horizontal en tête du poteau de droite

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparaît au niveau de la panne d'extrémité.

La palée de stabilité se déplace vers l'extérieur au moment de la ruine des pannes, mais sans admettre de comportement asymptotique. Par conséquent, la ruine des pannes n'amène pas la ruine de la palée de stabilité.

## 7.5 Bâtiments 4 et 5 - Modèle du portique courant file 9

Le modèle numérique converge jusqu'à 741 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

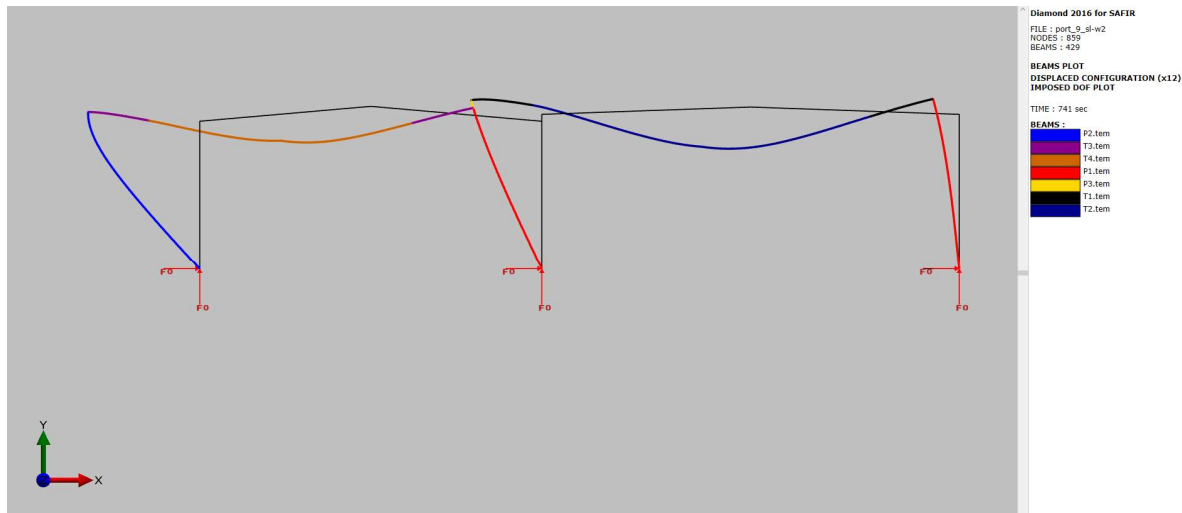


Figure 7-9. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de gauche en fonction du temps :

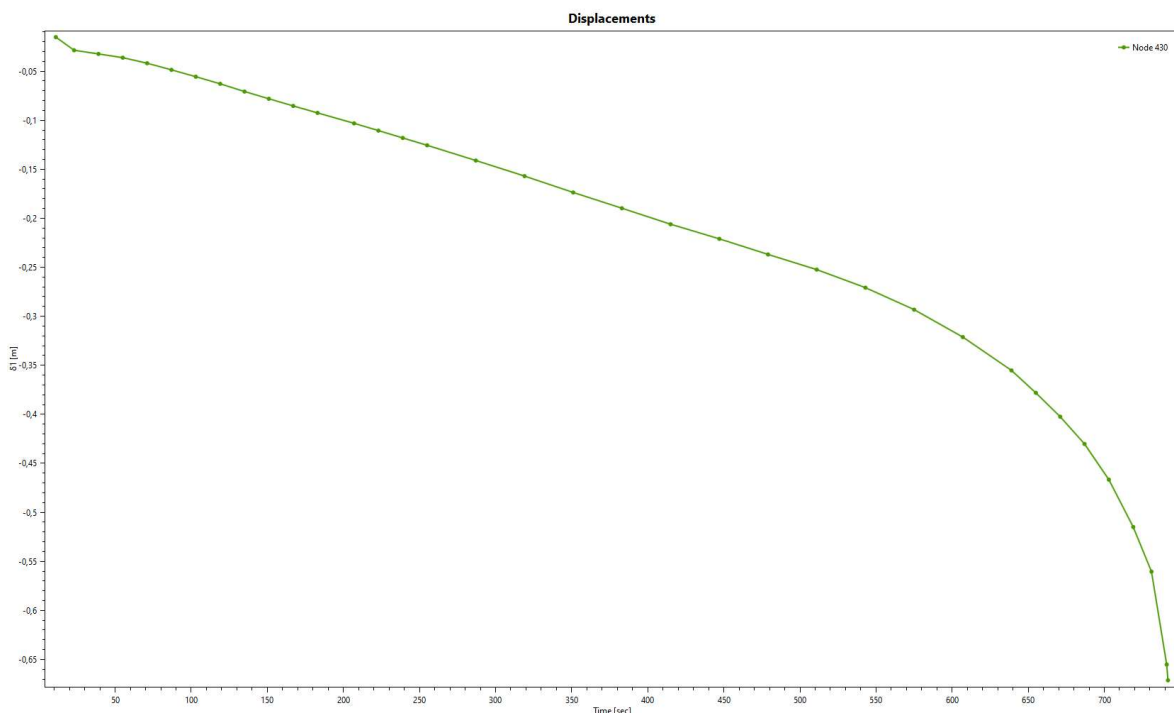


Figure 7-10. Déplacement horizontal en tête du poteau de gauche

Le poteau se déplace vers l'extérieur jusqu'au dernier pas de temps convergé. Il n'apparaît pas d'inversion du sens des déplacements du poteau.

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparaît au niveau de l'encastrement poteau/poutre.

### 7.6 Bâtiments 4 et 5 - Modèle de la palée de stabilité file B

Le modèle numérique converge jusqu'à 1341 secondes. La figure ci-dessous présente la visualisation du modèle déformé au moment du dernier pas de temps convergé :

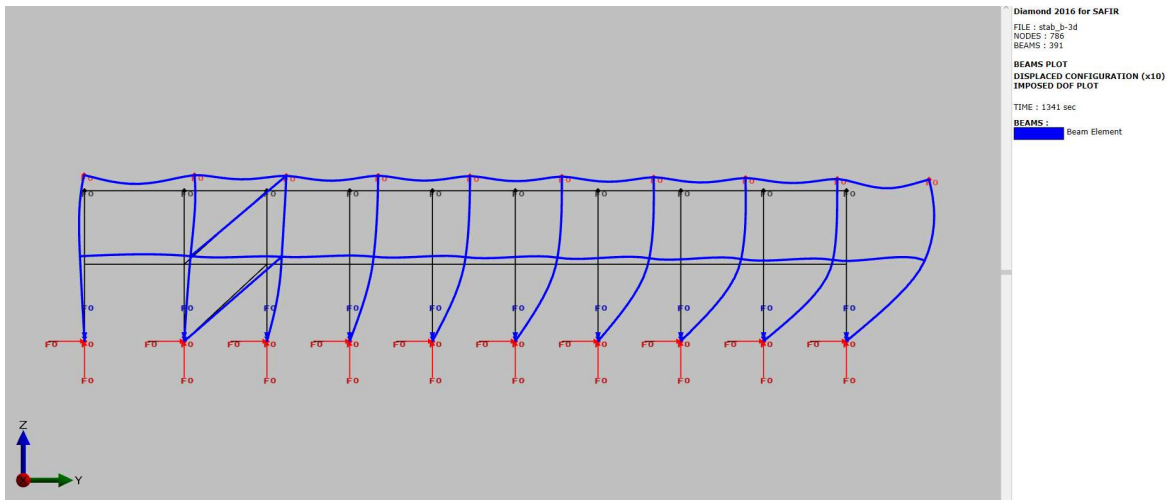


Figure 7-11. Visualisation du dernier pas de temps convergé

La figure ci-dessous présente le déplacement horizontal en tête du poteau de rive droite en fonction du temps :

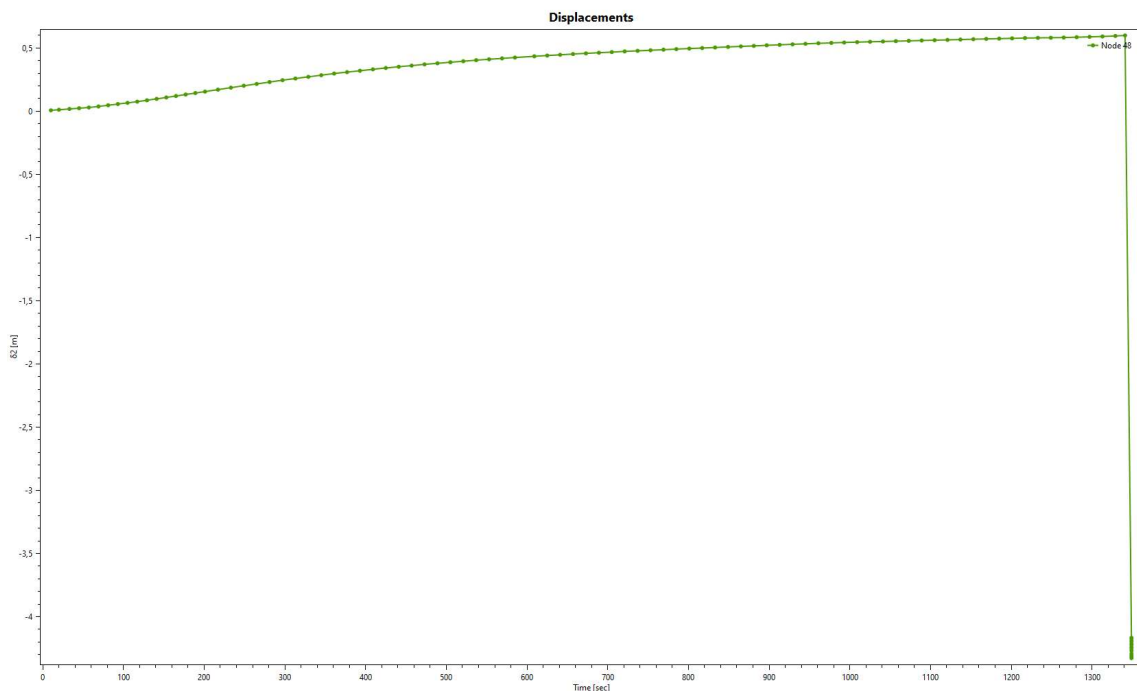


Figure 7-12. Déplacement horizontal en tête du poteau de droite

Selon les lois de comportement des matériaux et les critères de convergence du logiciel, la ruine apparait au niveau de la panne d'extrémité.

La palée de stabilité se déplace vers l'extérieur au moment de la ruine des pannes, mais sans admettre de comportement asymptotique. Par conséquent, la ruine des pannes n'amène pas la ruine de la palée de stabilité.

## 8 ANALYSE DES RESULTATS ET CONCLUSION DE L'ETUDE

### 8.1 Synthèse et analyse des résultats

#### 8.1.1 Durées de résistance au feu et modes de ruine

Bâtiment	Sens	Structure	Durée de résistance au feu	Mode de ruine
Bâtiment 1	Transversal	Portique file 10	11 minutes	Vers l'extérieur
	Transversal	Portique file 13	10 minutes	Vers l'extérieur
	Longitudinal	Palée de stabilité	<i>Non étudiés car relevés manquants</i>	
Bâtiment 3	Transversal	Portique file 2	10 minutes	Vers l'extérieur
	Longitudinal	Palée de stabilité file C	21 minutes	Vers l'extérieur
Bâtiments 4 et 5	Transversal	Portique file 9	12 minutes	Vers l'extérieur
	Longitudinal	Palée de stabilité file B	22 minutes	Vers l'extérieur

Dans le sens transversal des bâtiments, les structures métalliques des portiques ont une durée de résistance au feu d'environ 10 minutes sous feu ISO 834.

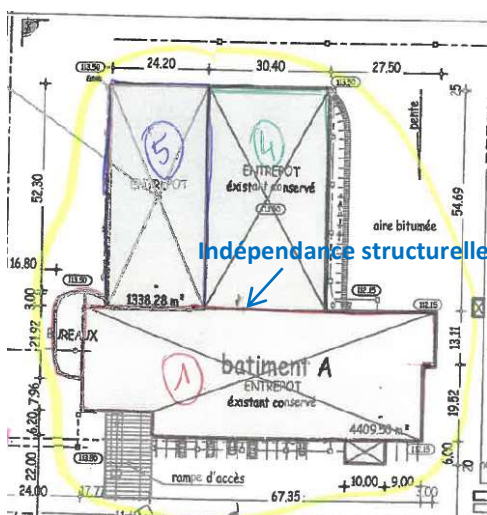
Longitudinalement, les palées de stabilité métalliques des bâtiments ont une durée de résistance au feu d'environ 20 minutes sous feu ISO 834.

Les modes de ruine transversaux et longitudinaux s'effectuent tous vers l'extérieur.

#### 8.1.2 Non ruine en chaîne

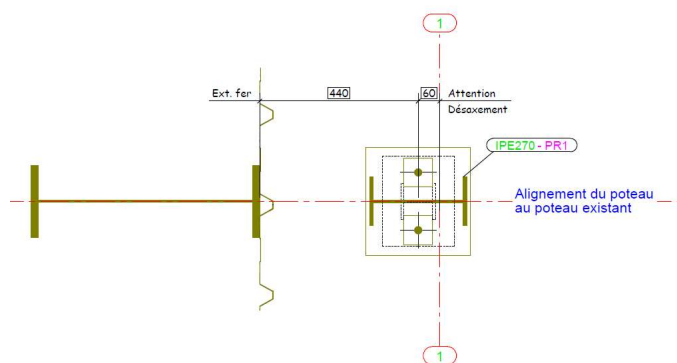
Le risque de ruine en chaîne se situe au niveau des pignons des bâtiments 4 et 5 accolés au longpan du bâtiment 1. En effet, les structures sont à la fois indépendantes et proches l'une de l'autre. Le risque de ruine en chaîne peut donc être provoqué par l'entrechoquement entre les structures en raison de leurs modes de ruine vers l'extérieur.

La valeur du jeu entre ces bâtiments n'est donc pas suffisante pour exclure le risque de ruine en chaîne.



Extrait du plan de masse

Figure 8-1. Liaison entre les bâtiments 1 et 4-5



Détail de l'indépendance structurelle

## 8.2 Conclusions de l'étude

Les structures métalliques des bâtiments 1, 3, 4 et 5 ont fait l'objet d'une étude du comportement au feu présentée dans ce document. Cette étude est basée sur une sollicitation de courbe de feu normalisée ISO 834.

Les résultats sont présentés ci-après :

Tableau 8-1. Objectifs de sécurité.

NON RUINE DE LA STRUCTURE VERS L'EXTERIEUR	
Structure transversale des bâtiments 1, 3, 4 et 5	Non validé
Structure longitudinale des bâtiments 1, 3, 4 et 5	Non validé
NON RUINE EN CHAINE	
Jeu entre le bâtiment 1 et les bâtiments 4 et 5	Non validé

Tableau 8-2. Stabilité des éléments de structures.

STRUCTURES	EXIGENCE DE STABILITE	TEMPS DE RUINE
Structure transversale des bâtiments 1, 3, 4 et 5	*	Environ 10 minutes
Structure longitudinale des bâtiments 1, 3, 4 et 5	*	Environ 20 minutes

**\*Nota : Dans cette étude, nous avons évalué le temps de ruine sur la base d'un feu ISO 834 (courbe de feu normalisée). Ce temps issu de l'étude du comportement au feu est à confronter vis-à-vis de la réglementation suivant le classement du bâtiment.**

## 8.3 Proposition des principes de traitement et de renforcement des structures métalliques

L'analyse menée sur la non-atteinte des objectifs liés aux critères de la non-ruine vers l'extérieur et de la non-ruine en chaîne conduit à envisager des protections au feu partielles sur la structure ainsi que des renforts de sections. La définition de ces protections et renforts devra faire l'objet d'une étude spécifique nécessitant plusieurs itérations de calculs thermomécaniques.

Quant aux temps de ruine, ils devront être comparés aux exigences relatives au classement du bâtiment. Cependant, nous pouvons constater que des protections au feu voire des renforts de sections seront à envisager notamment dans le sens transversal des bâtiments (*structures de type portiques*). La définition de ces protections et renforts devra également l'objet d'une étude spécifique.

Ces deux études seront à mener simultanément.