

## **EVS Broadcast**

la résistance à l'incendie étudiée dans le détail



dr ir Frédéric Cerfontaine

## **EVS Broadcast**

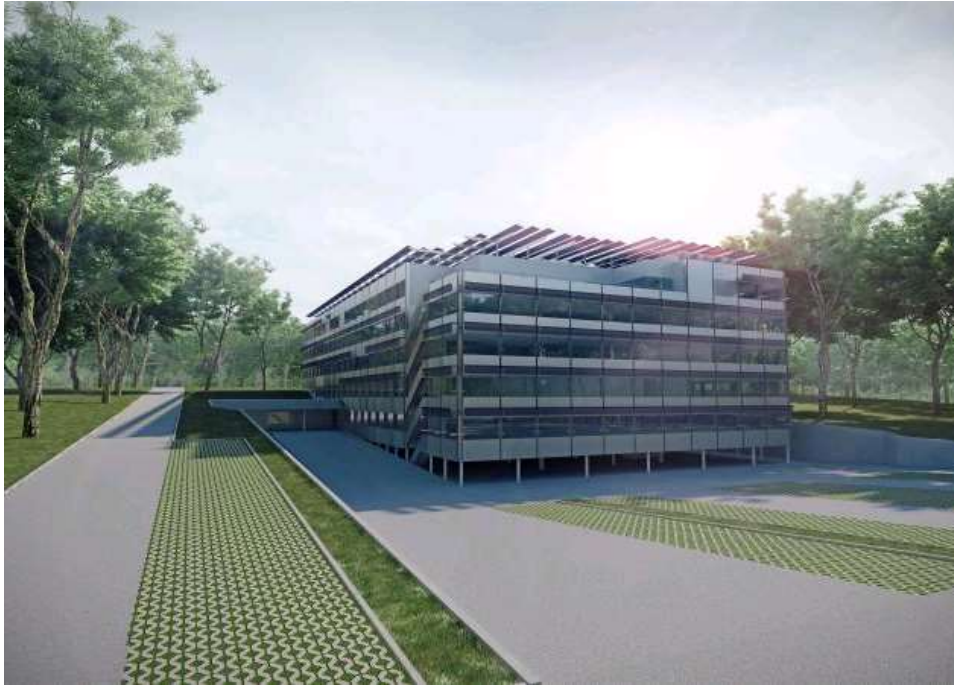
### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

- 1. Un Nouveau bâtiment pour EVS**
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes rR60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

- **EVS Broadcast Equipment**, leader mondial serveurs vidéo images professionnelles sur supports informatiques et de leur traitement : ralentis instantanés, rediffusion instantanée
- créée en 1994, CA 2014: 131 M€, Euronext
- effectif 2014: 512 personnes
- en 2010 (démarrage des études de stabilité):
  - Entreprise start-up en croissance constante
  - Nouveau siège à Liège pour regroupement personnel
  - Flexibilité nécessaire
  - Programme peu défini, secteur à évolution rapide:
    - 18000m<sup>2</sup> de bureaux, local serveurs, labo R&D et production
    - 5000m<sup>2</sup> de warehouse



- Architecte: **Architectes-Urbanistes Valentiny & Associés, Liège**
- Bâtiment de 90x45m sur 7 niveaux suivant déclivité du terrain avec atrium central 56x12m (du -1 au +2 ) et verrière orientée nord
- Transparence des espaces
- Structure= finition mais souhaitée peu présente
- Choix d'un entraxe de colonne de 4,05m en façade et d'une maille de 13,05 x 8,1m à l'intérieur



## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. **Concept structural**
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

## Concept structural: quelques chiffres

- Hauteur d'étage: 4m, gabarit structurel et TS compris de moins de 60cm demandé
- Une colonne tous les 109m<sup>2</sup> (8,1x13,05m en moyenne)
- Structure « faussement » régulière: colonnes interrompues à différents niveaux et/ou endroits suivant exigences architecturales
- Proposition d'une charpente mixte acier-béton pour respecter ces critères
  - Plancher mixte actif de 16cm portant sur 4,05m
  - Poutres secondaires IPE400 mixte
  - Poutres principales HEB400 mixte
  - Colonnes 200x200mm en façade sur toute la hauteur (épaisseur et remplissage variables)
  - Colonnes les plus importantes acceptables: 350x350mm et supportant 800m<sup>2</sup> de plancher. Charge maximum à l'ELU: 8651 KN

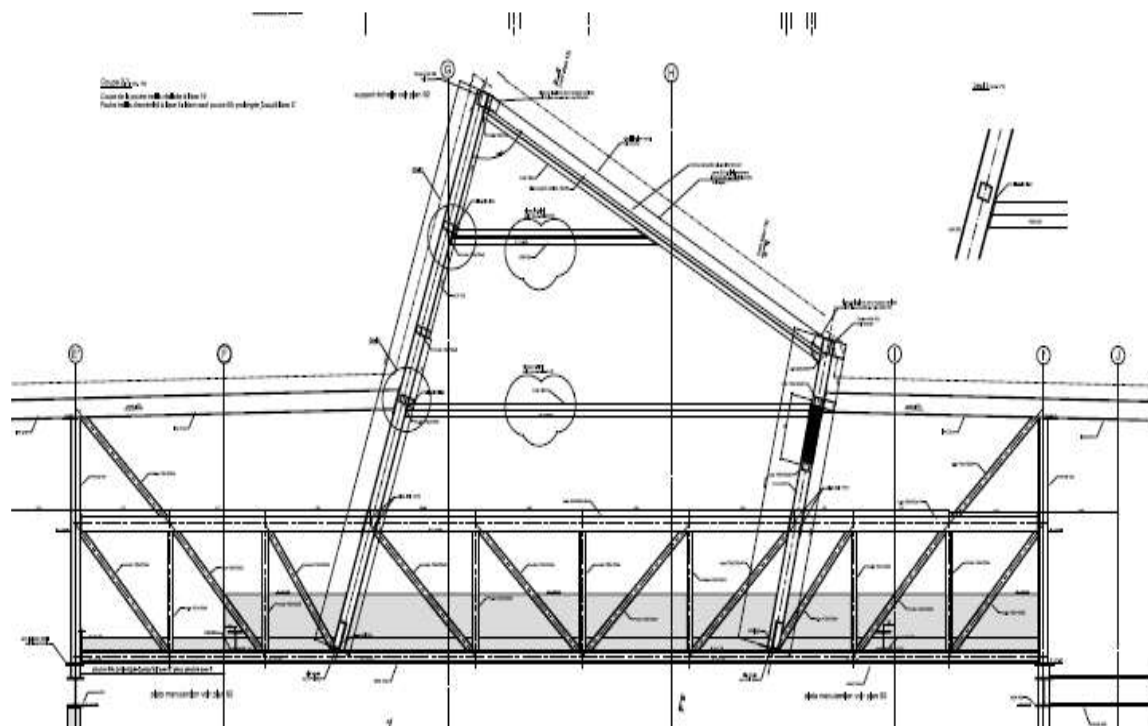
## Concept structural: quelques chiffres

- Dates: soumission 11/2011, démarrage chantier 03/2012, Inauguration: 01/2015
- 1350 tonnes et 41500 goujons
- Stabilité: 7,85M€, total 49,5M€





- Verrière au-dessus de l'atrium et plancher du +3 portant sur des poutres treillis de 14cm de large, distantes de 8,10m et 17,4m de portée



- Escalier monumental et 3 passerelles en caisson acier de 17,4m de portée de 49,5cm de haut pour alignement avec finitions



- Dalles actives et plancher collaborant apparent sans faux-plafond



## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
- 3. Résistance au feu**
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

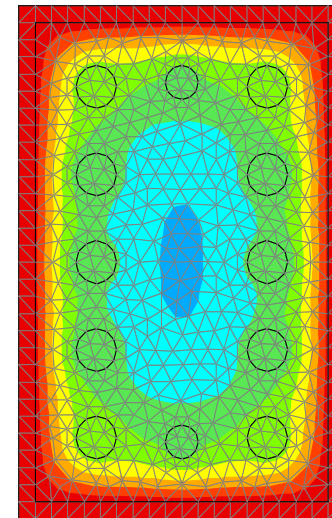
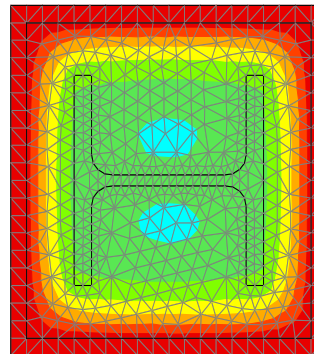
- Bâtiment moyen: Obligation d'être R60 au feu ISO
- Sprinklage installé suivant projet (atrium) partout sauf dans niveau parking ventilé au -3 et local technique +3
- Compartiments (résumé simplifié):
  - Parkings: -3
  - Espace industriel: -2 et -1
  - Bureaux: 0, +1, +2
  - Niveau technique: +3
- Demande de dérogation au Ministère de l'intérieur pour toute une série d'éléments: compartiments, façades, escaliers, surfaces..., certains concernant la structure: voir ci-après

## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
- 4. Colonnes R60 ISO avec section constante**
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

- Colonnes de façade 200x200mm avec charges au feu variant de 156 à 1185kN
- Colonnes intérieures, charges au feu variant de 650kN (200x200) à 3990kN (maximum 350x350mm pour AR)
- Méthode de calcul classique EC<sub>4</sub>: pas OK pour niveaux de charge élevé car ferrailage nécessaire > limite maximum EC<sub>4</sub> (4%)
- Calcul à l'aide de SAFIR (Ulg)



# Colonnes R60 ISO avec section constante

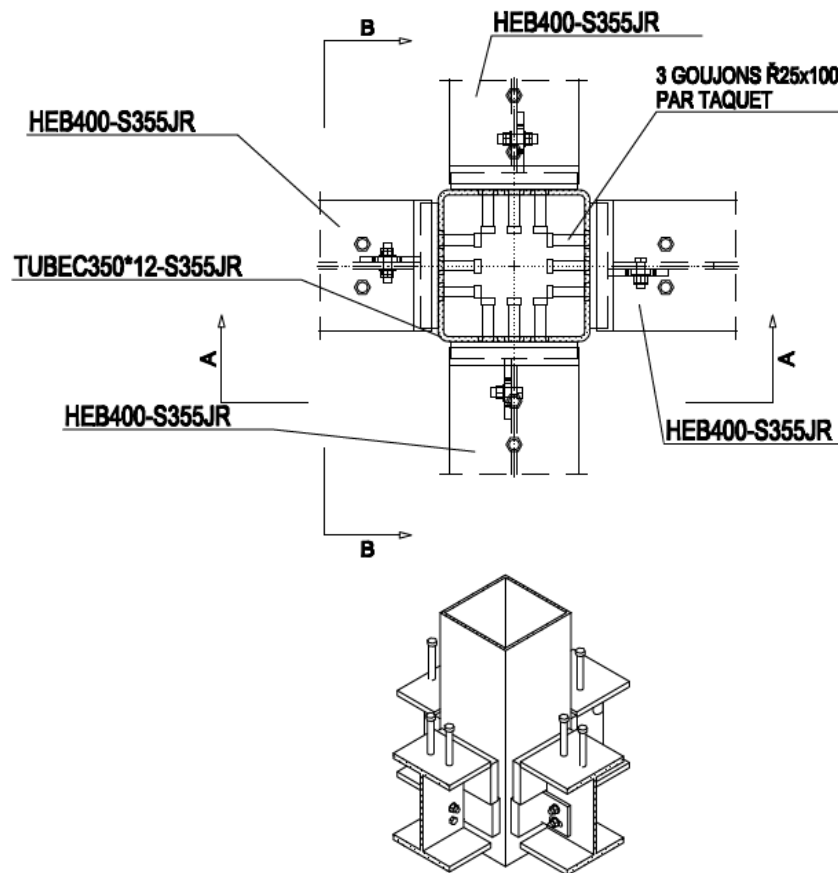
- Colonnes de façade 200x200mm les plus chargées avec HEB140 intérieur et béton auto-plaçant



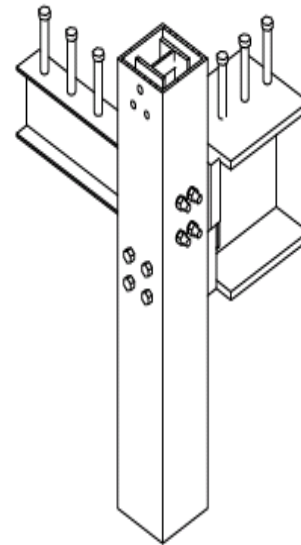
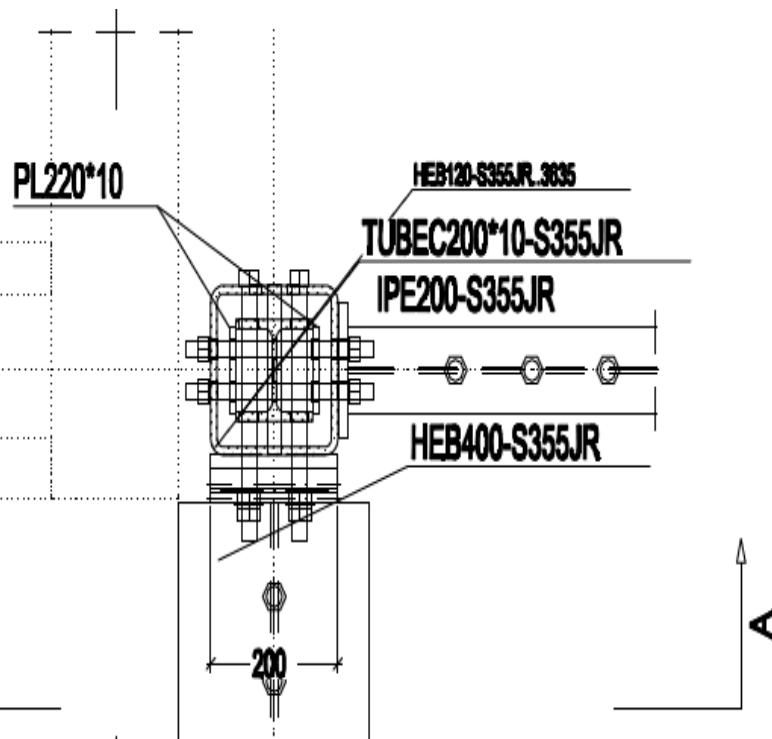


# Colonnes R60 ISO avec section constante

- Détail de tête de colonne particulier pour assurer assemblage avec poutres résistant au feu: taquets + ancrages



- Détail de tête de colonne particulier pour assurer assemblage avec poutres résistant au feu: taquets + ancrages



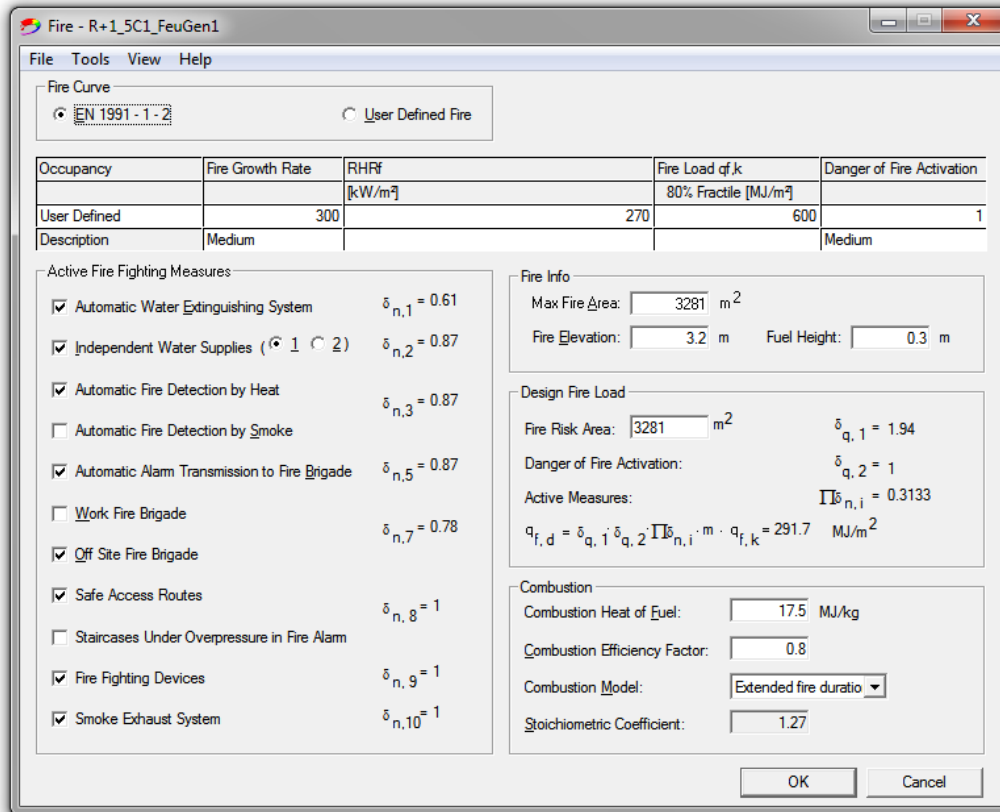
## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
- 5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux**
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

- Feu ISO conservatif, température augmentant indéfiniment quelles que soient les conditions réelles
- Calcul au feu naturel: prise en compte charge au feu réelle, ouvertures, ventilation et ensemble des conditions pour avoir courbe au feu réaliste
- Calcul de la structure suivant cette courbe de feu naturel pour justifier la résistance au feu
- Calcul de la courbe de feu généralisé à l'aide du logiciel OZONE
- Calcul à réaliser compartiment par compartiment
- Zone production du -2: pas intéressant, température plus élevée que température critique
- Zone atrium-1 à +2: résultats intéressants mais liés aux hypothèses

- Calcul 1, Zone -1 à +2: si Atrium = ouverture extérieure (désenfumage prévu), température de l'air montant à 620°C à 60' et diminuant rapidement ensuite (plusieurs scenarii pour le comportement des vitrages: 90% brisés à 200° ou 50% à 200°C et 90% à 400°C)



Fire - R+1\_5C1\_FeuGen1

File Tools View Help

Fire Curve

EN 1991 - 1 - 2  User Defined Fire

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf [kW/m²]	Fire Load q <sub>f,k</sub> 80% Fractile [MJ/m²]	Danger of Fire Activation
User Defined	300		270	600
Description	Medium			Medium

Active Fire Fighting Measures

- Automatic Water Extinguishing System  $\delta_{n,1} = 0.61$
- Independent Water Supplies (1 2)  $\delta_{n,2} = 0.87$
- Automatic Fire Detection by Heat  $\delta_{n,3} = 0.87$
- Automatic Fire Detection by Smoke  $\delta_{n,3} = 0.87$
- Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade  $\delta_{n,5} = 0.87$
- Work Fire Brigade  $\delta_{n,7} = 0.78$
- Off Site Fire Brigade  $\delta_{n,7} = 0.78$
- Safe Access Routes  $\delta_{n,8} = 1$
- Staircases Under Overpressure in Fire Alarm  $\delta_{n,8} = 1$
- Fire Fighting Devices  $\delta_{n,9} = 1$
- Smoke Exhaust System  $\delta_{n,10} = 1$

Fire Info

Max Fire Area: 3281 m<sup>2</sup>

Fire Elevation: 3.2 m Fuel Height: 0.3 m

Design Fire Load

Fire Risk Area: 3281 m<sup>2</sup>  $\delta_{q,1} = 1.94$

Danger of Fire Activation:  $\delta_{q,2} = 1$

Active Measures:  $\prod \delta_{n,i} = 0.3133$

$q_{f,d} = \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \prod \delta_{n,i} \cdot m \cdot q_{f,k} = 291.7 \text{ MJ/m}^2$

Combustion

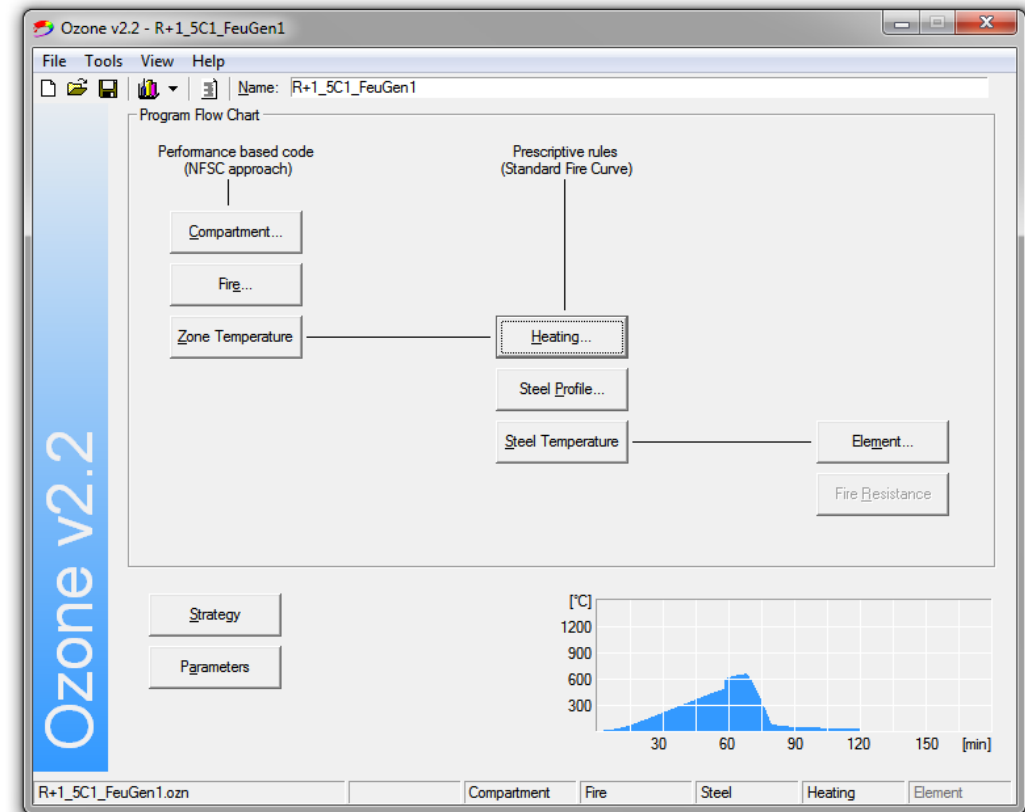
Combustion Heat of Fuel: 17.5 MJ/kg

Combustion Efficiency Factor: 0.8

Combustion Model: Extended fire duration

Stoichiometric Coefficient: 1.27

OK Cancel



Ozone v2.2 - R+1\_5C1\_FeuGen1

File Tools View Help

Name: R+1\_5C1\_FeuGen1

Program Flow Chart

```

graph TD
    A[Performance based code  
(NFSC approach)] --> B[Compartment...]
    A --> C[Fire...]
    A --> D[Zone Temperature]
    B --> D
    C --> D
    D --> E[Heating...]
    E --> F[Steel Profile...]
    F --> G[Steel Temperature]
    G --> H[Element...]
    H --> I[Fire Resistance]
  
```

Strategy

Parameters

[°C]

1200

900

600

300

30 60 90 120 150 [min]

R+1\_5C1\_FeuGen1.ozn

Compartment Fire Steel Heating Element

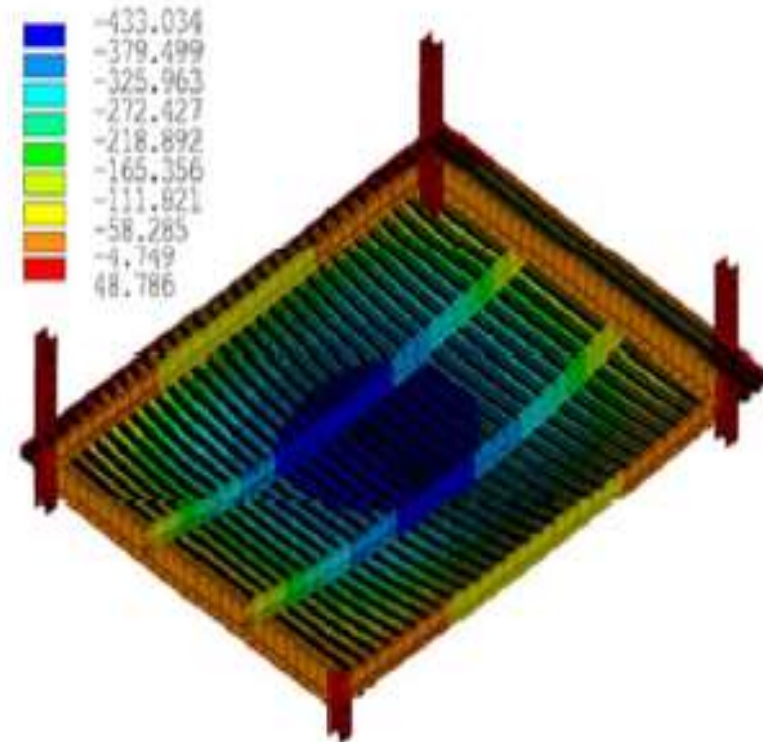
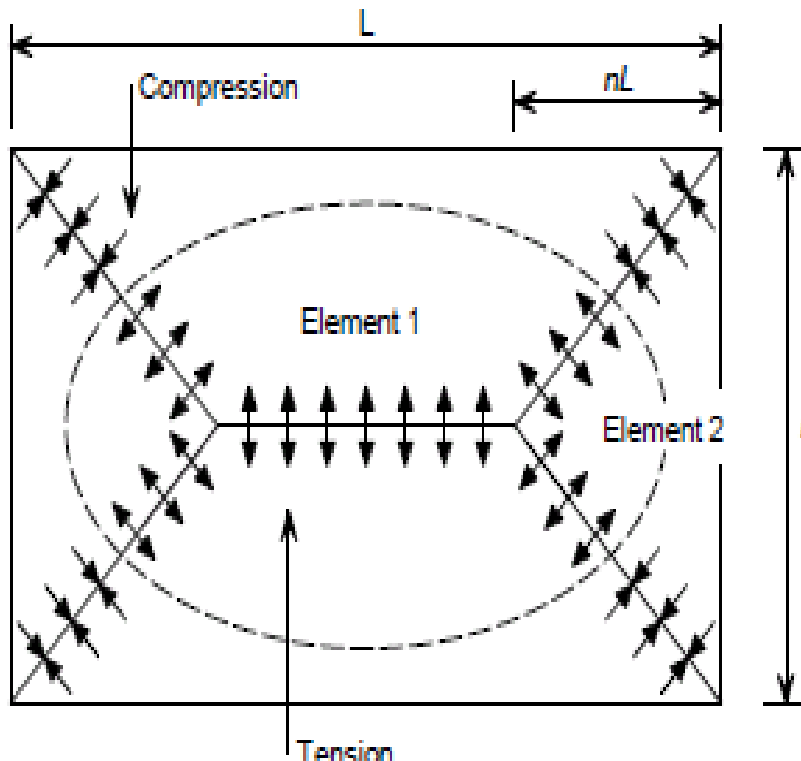
- Calcul 2, Zone -1 à +2: si Atrium = augmentation du volume du compartiment avec h moyen, augmentation de la température plus importante mais gérable
- Calcul 3, Zone -1 à +2: si Atrium = fermeture, trop pessimiste, pas OK
- Concept de feu naturel abandonné:
  - calcul feu naturel jamais demandé en commission de dérogation pour bureaux, contact préalable : retour négatif probable
  - discussion probablement longue sur hypothèses, risque d'hypothèse pessimiste demandée
  - vérification du comportement de la structure avec SAFIR suivant ces hypothèses éventuellement acceptées : temps de calcul très long
  - évolution dossier architectural toujours en cours en chantier
  - Calculs plus compatibles avec avancement chantier et choix peinture incendie préalable

## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
- 6. Effet membrane**
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

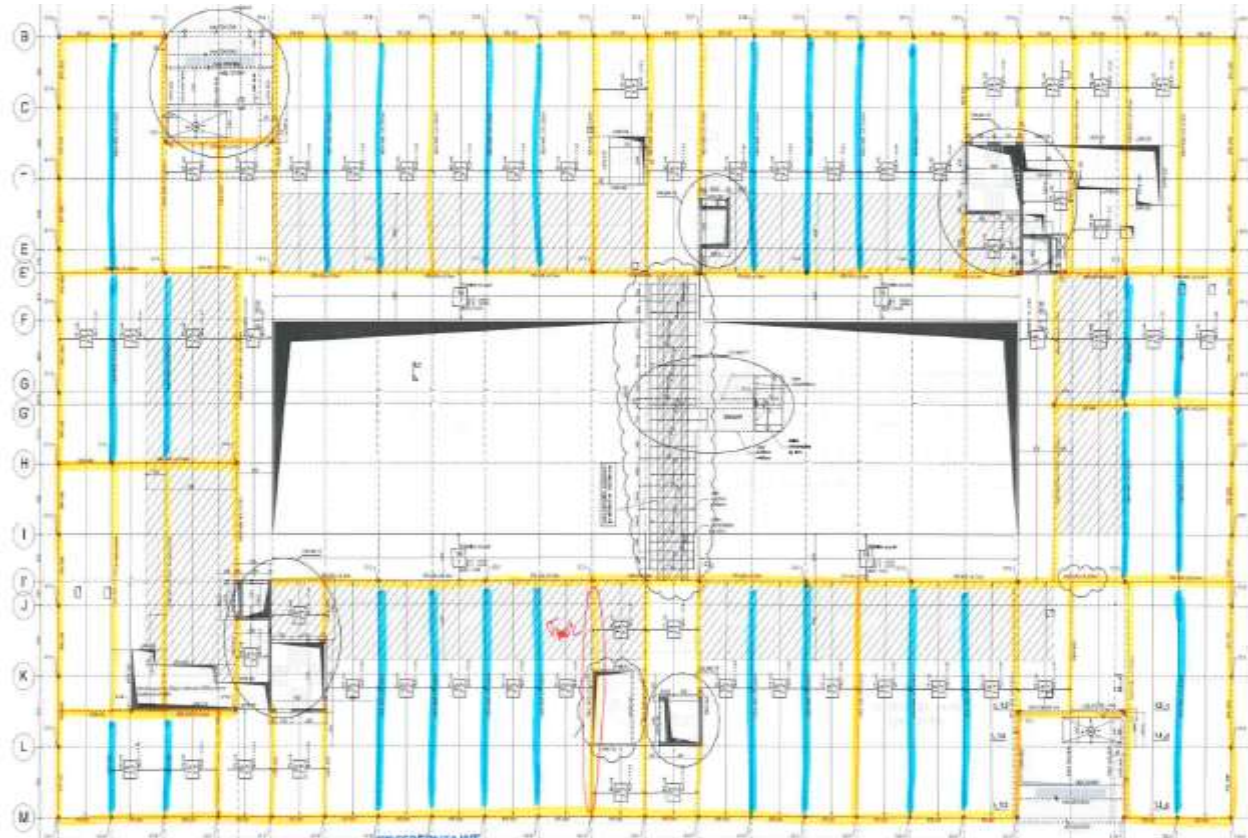
- But du calcul:
  - considérer la courbe de ISO: OK, pas de dérogation
  - Concept au feu: **Dalle = membrane** limitée par des poutres protégées à l'incendie





# Effet membrane

- Maille généralement considérée: 13,5 x 12,15m ou 13,5x16,2m soit 2 IPE<sub>400</sub> sur 3 non protégées ou 3 sur 4, calcul avec MACS
- Efficacité moindre vu « accidents » dans la trame mais économie appréciable



## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

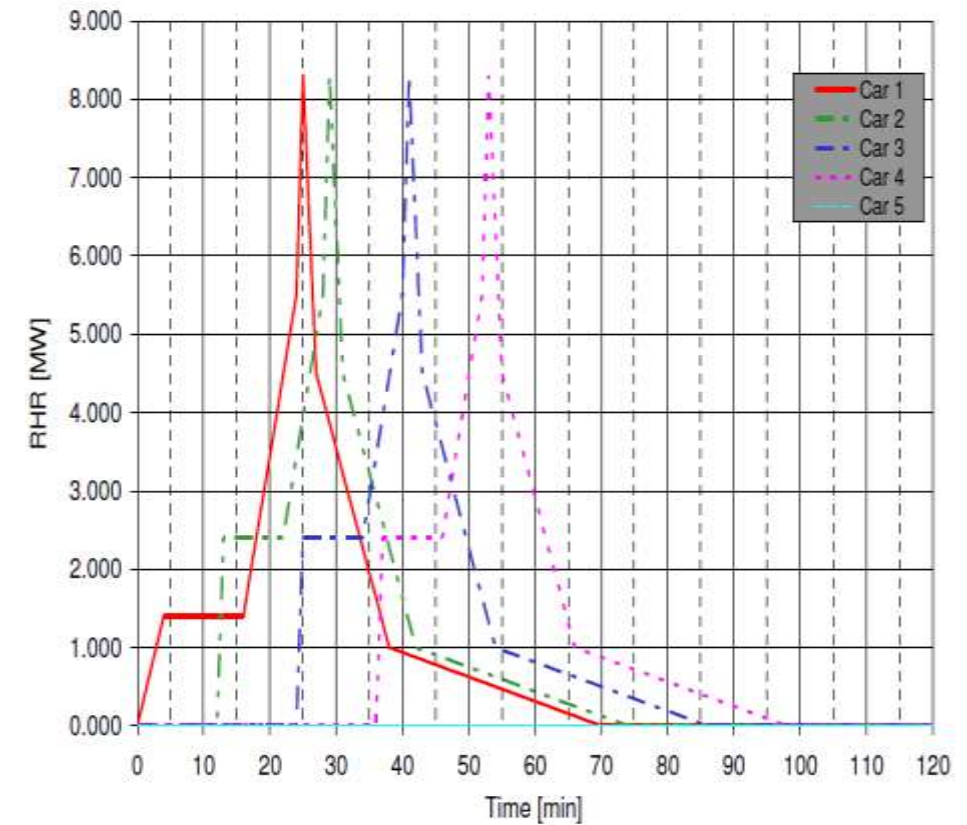
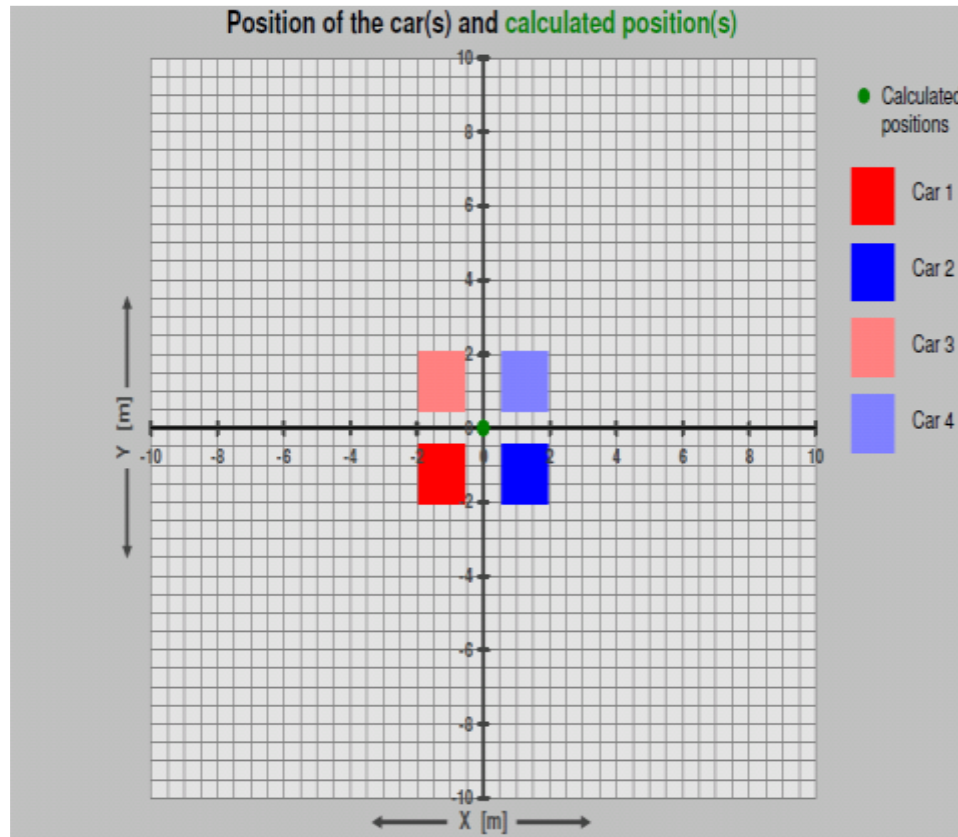
1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
- 7. Feux localisés pour les parkings**
8. Contribution à l'étude des compartiments
9. Conclusions

# Feux localisés pour les parkings

- Parkings -3: 3300m<sup>2</sup> au sol non sprinklé suivant projet
- Ventilation naturelle: 262m<sup>2</sup> d'ouverture pour 671m<sup>2</sup> de façade (+/- 40%)
- Théoriquement: embrasement généralisé à considérer suivant 1991-1-2 ANB
- Pas selon: Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in closed car parks (1999 –C.E.C. – RFCS – n° rapport EUR 18867)
- Feu ISO pas adapté pour poutres éloignées du foyer d'incendie, trop sévère et par contre pouvant être insécuritaire pour poutres proches du foyer d'incendie car température montant plus vite que feu ISO.
- Demande de dérogation pour permettre ce calcul

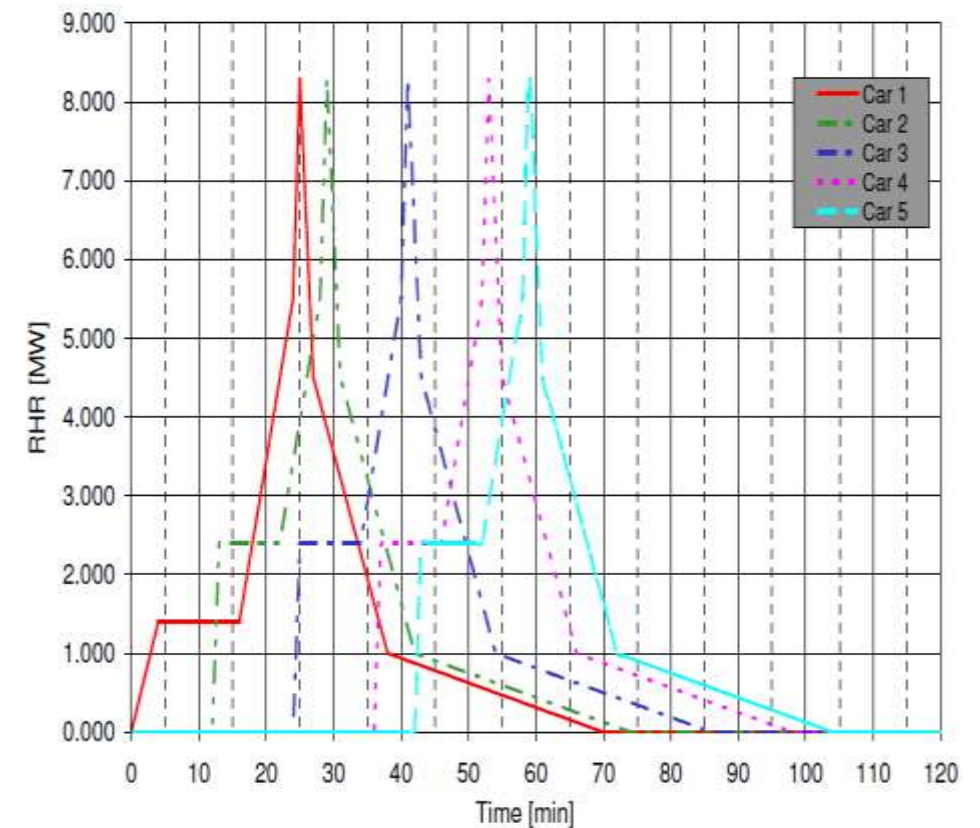
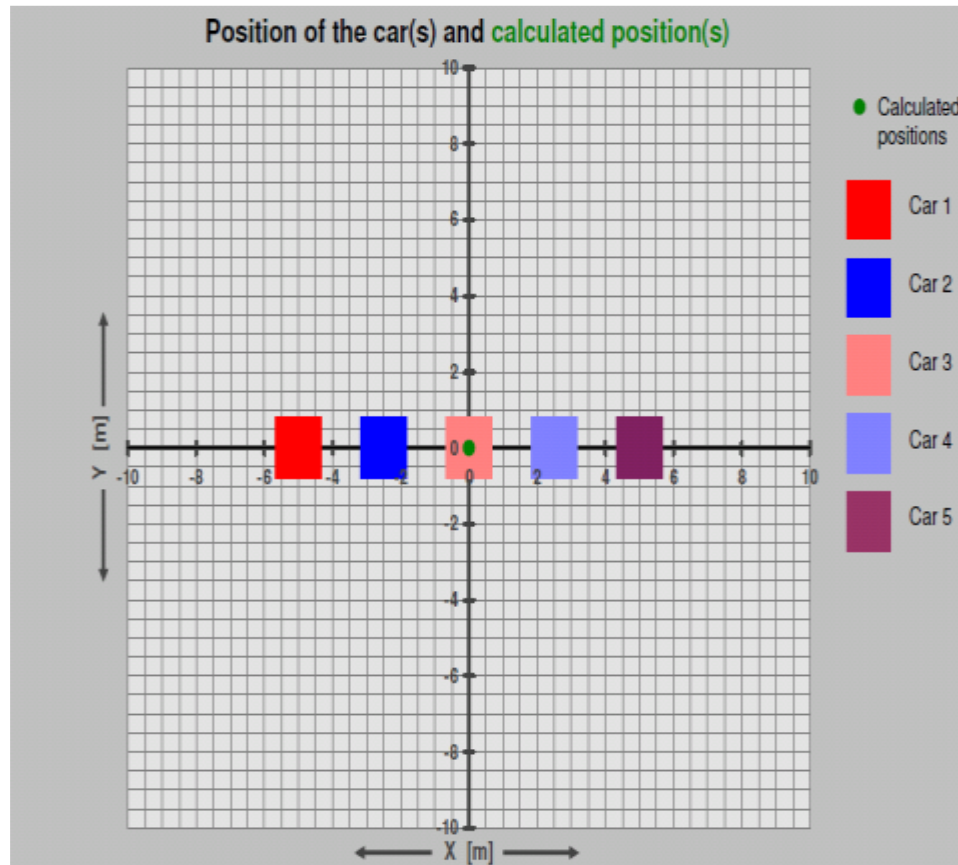
# Feux localisés pour les parkings

- Scenario 1: 4 voitures en vis-à-vis (position et débits calorifiques)
- Scenario à positionner à tous les endroits critiques



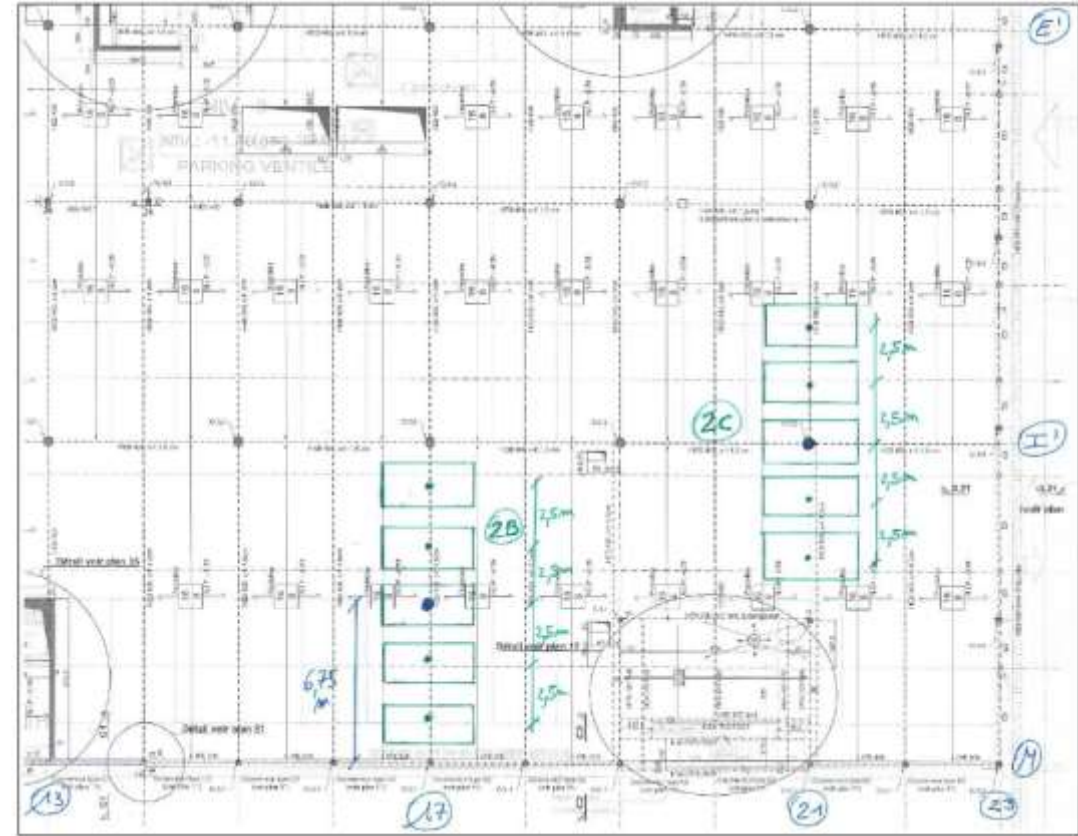
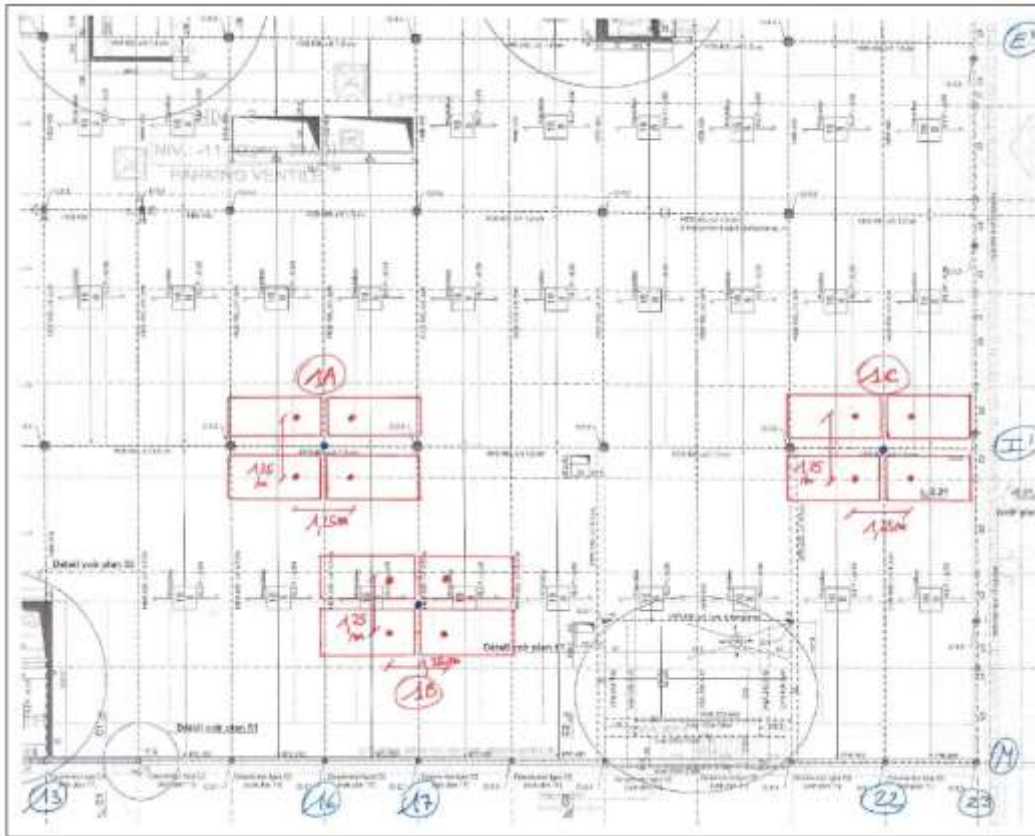
# Feux localisés pour les parkings

- Scenario 2: 5 voitures en ligne successivement (position et débits calorifiques)
- Scenario également à positionner à tous les endroits critiques



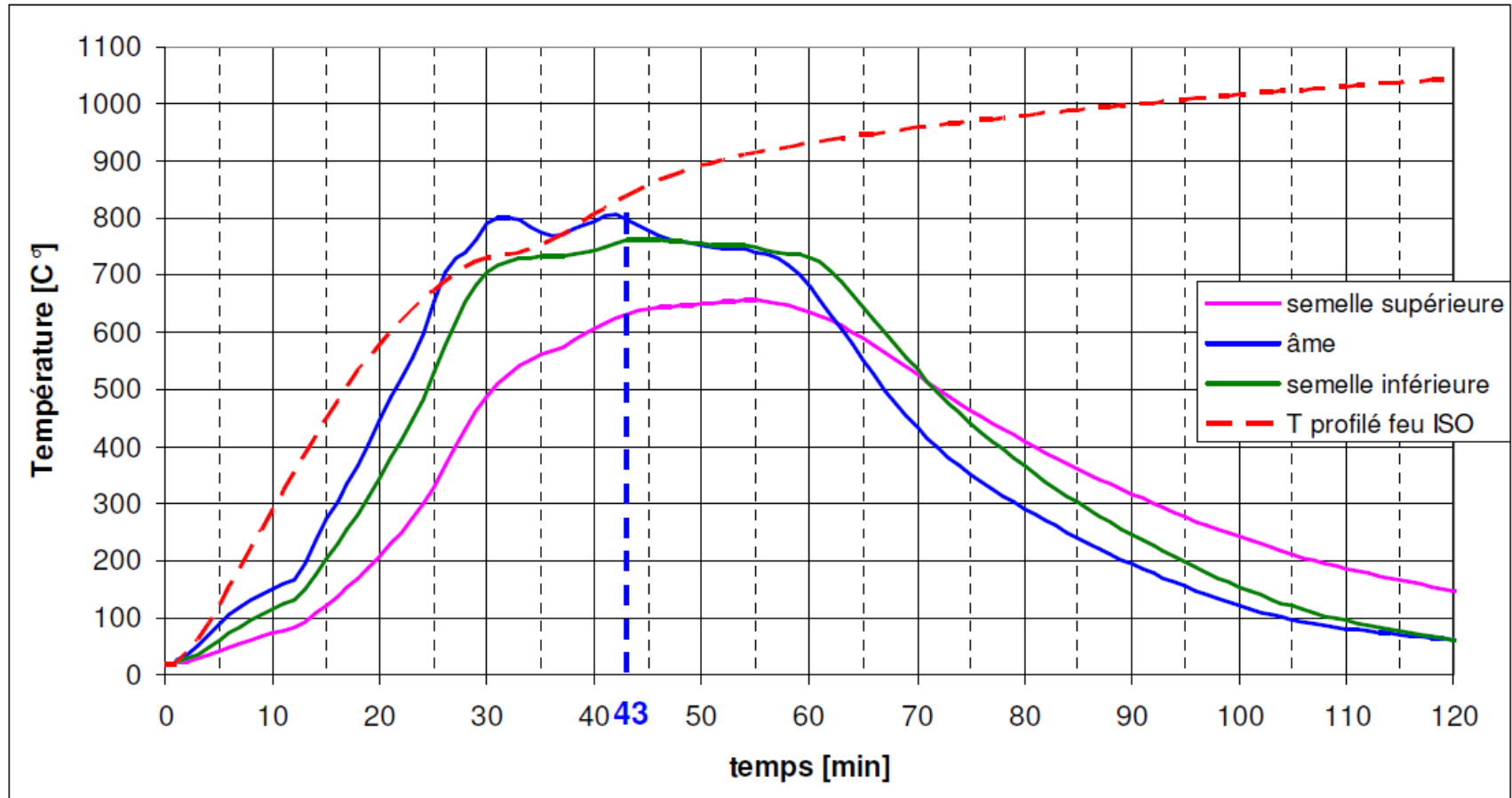
# Feux localisés pour les parkings

- Différentes positions considérées suivant niveau de charge et particularité de la structure



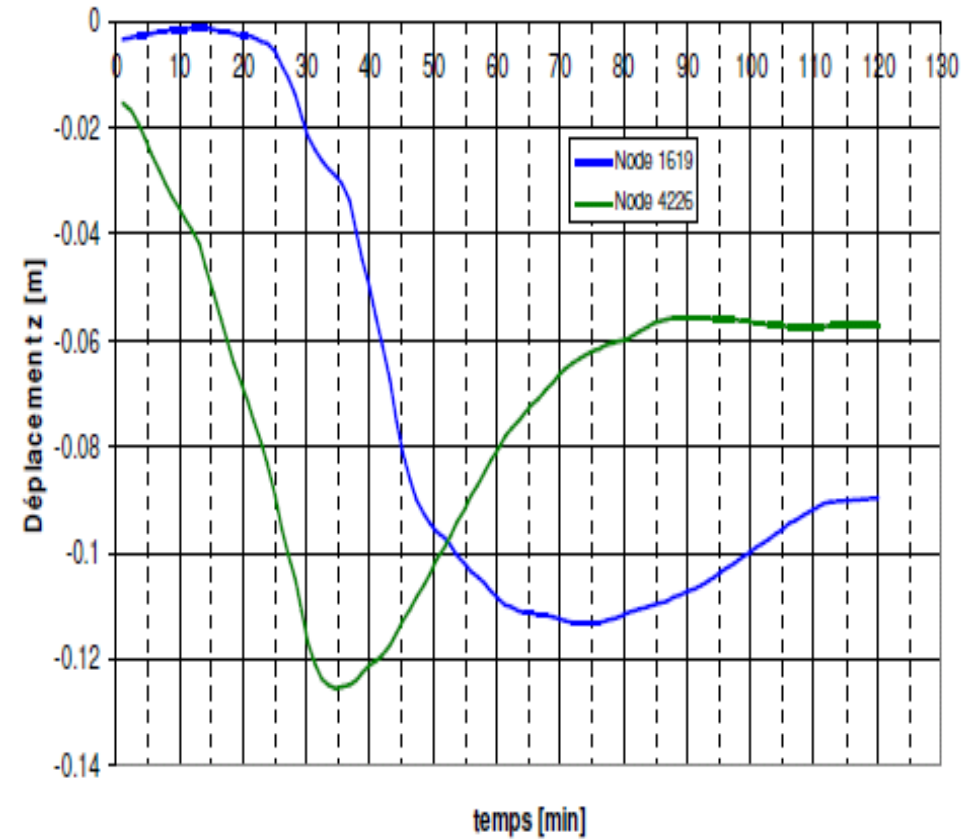
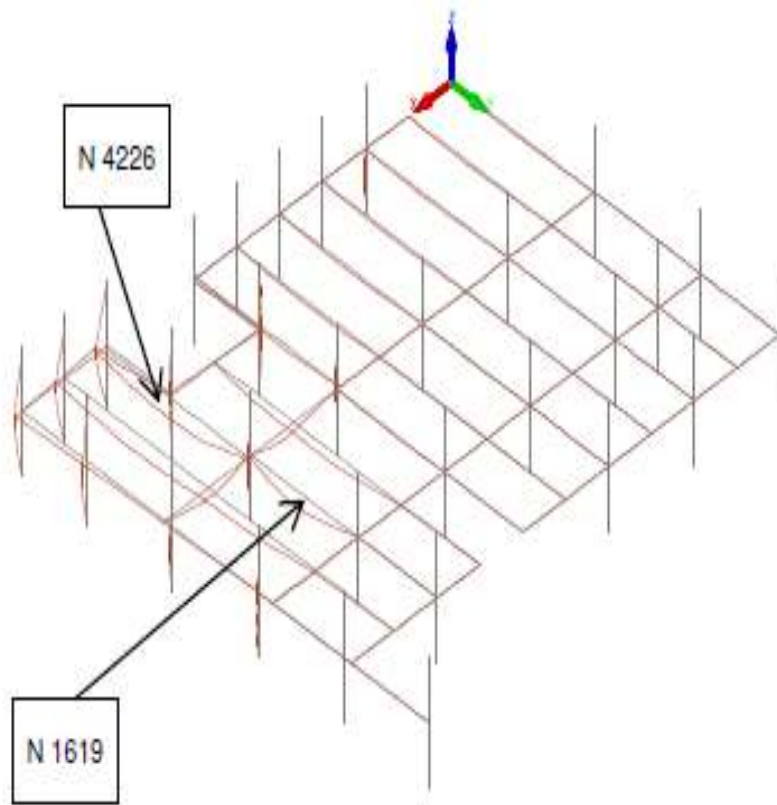
# Feux localisés pour les parkings

- Evolution température dans HEB400 sous feu localisé



# Feux localisés pour les parkings

- HEB 400 sous feu localisé dans scenario 2C





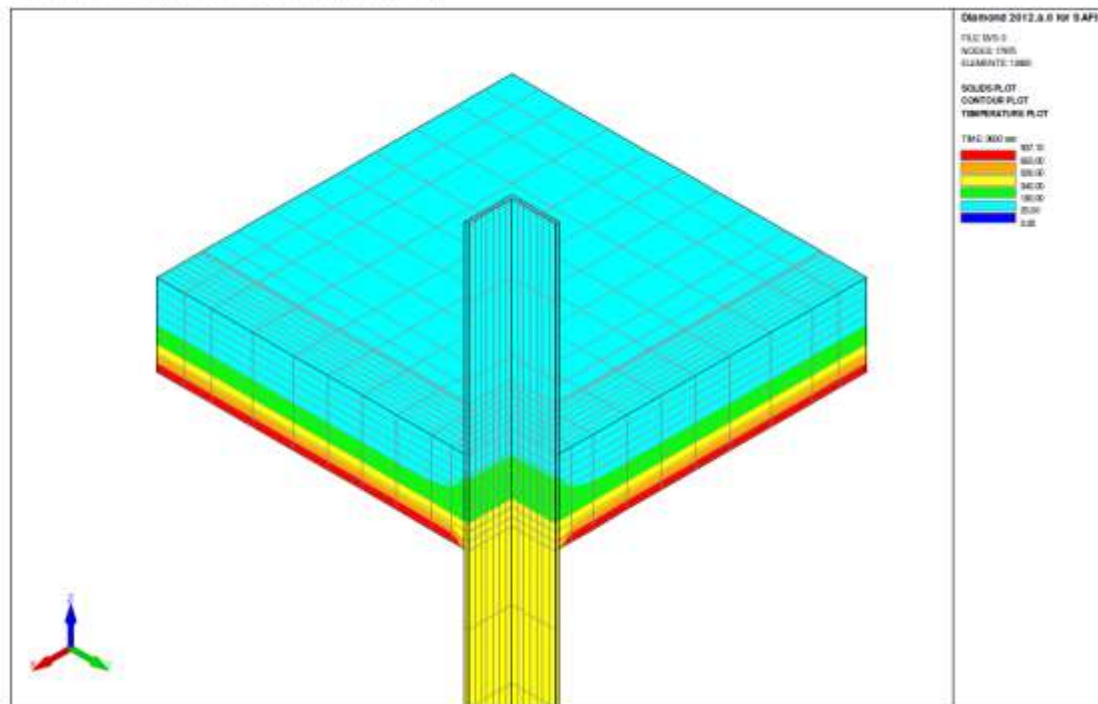
## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

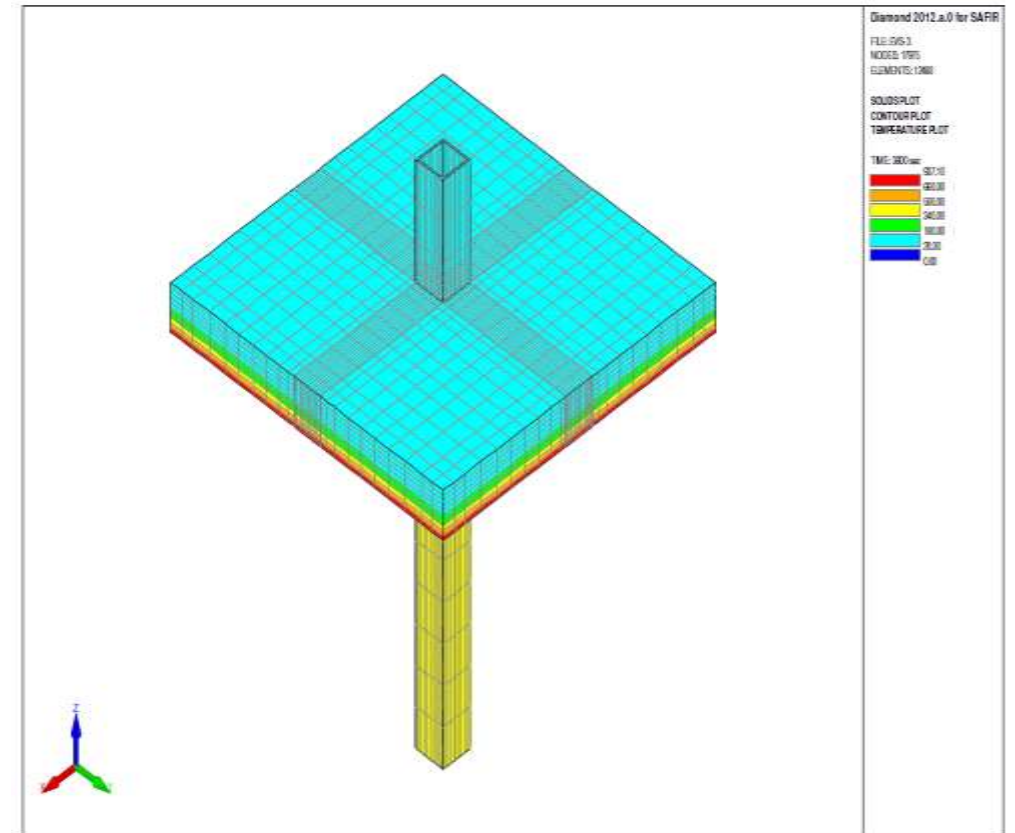
1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
- 8. Contribution à l'étude des compartiments**
9. Conclusions

- Demande de démonstration du respect du critère EI entre niveaux (même si compartiment identique) à travers colonne continue vu épaisseur de dalle faible, absence de plafond et de chape
- Isotherme après 60' calculé avec SAFIR.

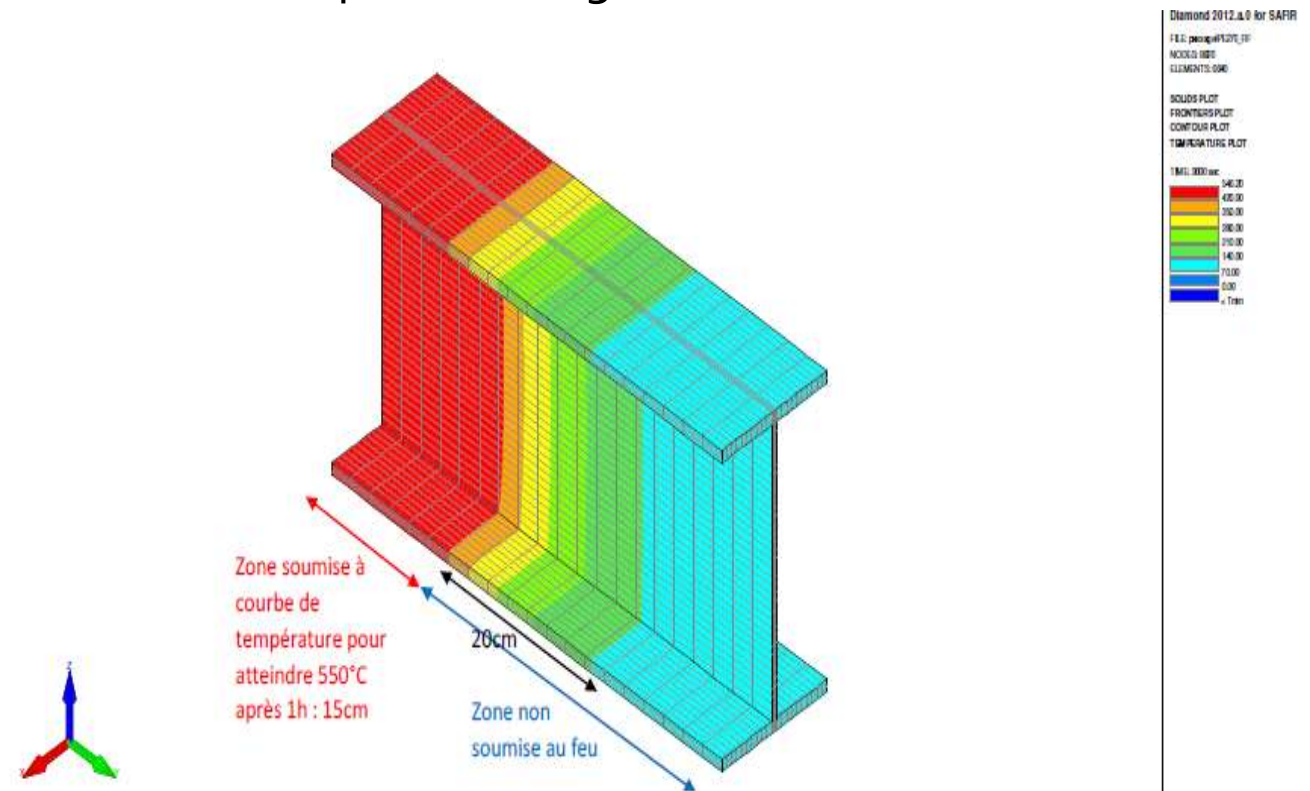
Résultats : isothermes après une heure de feu ISO (coupe centrale):



Résultats : isothermes après une heure de feu ISO :



- Demande de démonstration du respect du critère EI entre sous-compartiments alors que poutres traversantes protégées mais chaudes.
- Vérification de l'épaisseur des cloisons de compartimentage
- Isotherme après 60' calculé avec SAFIR.



## **EVS Broadcast**

### la résistance à l'incendie étudiée dans le détail

1. Un Nouveau bâtiment pour EVS
2. Concept structural
3. Résistance au feu
4. Colonnes R60 ISO avec section constante
5. Analyse au feu naturel pour les différents niveaux
6. Effet membrane
7. Feux localisés pour les parkings
8. Contribution à l'étude des compartiments
- 9. Conclusions**

- Bâtiment en charpente métallique et mixte résistant au feu avec environ moins d'un élément sur 4 protégé au feu
- Poutres de parking (-3) non protégées grâce à renfort ferrailage dalle sauf:
  - Poutres supportant colonnes supérieures
  - Poutres périphériques suite à avancement chantier
- Intérêt du feu naturel pour les bureaux en cas d'atrium mais démarche de longue haleine peu compatible avec les plannings et fluctuations habituelles des projets
- Intérêt élevé de l'effet membrane conforme aux normes de base sans nécessité de dérogation (actuellement)
- **Calcul détaillé au feu = économies pour le client final et résultat architectural**



- Crédit Photos: David Janssen, PomG – Studiog81, Daylight