



 
Education and Culture DG
Lifelong Learning Programme
LEONARDO DA VINCI

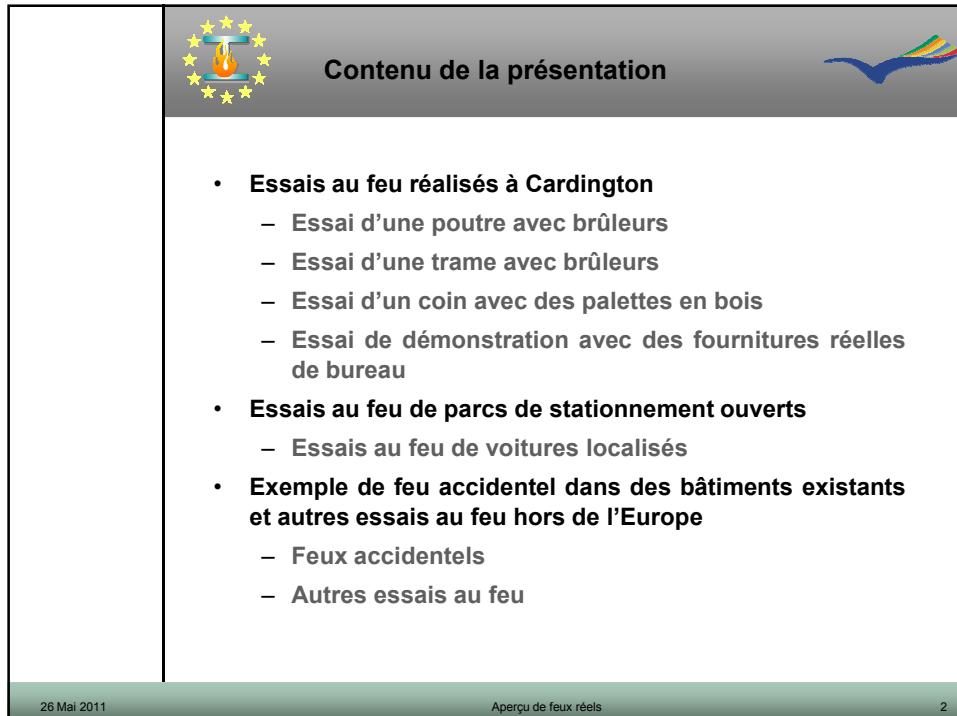


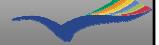
FRATCOF 

Comportement des planchers acier et mixtes en situation d'incendie

Aperçus de feux réels

Dr. Renata Obiala 26 Mai 2011



  Contenu de la présentation

- **Essais au feu réalisés à Cardington**
 - Essai d'une poutre avec brûleurs
 - Essai d'une trame avec brûleurs
 - Essai d'un coin avec des palettes en bois
 - Essai de démonstration avec des fournitures réelles de bureau
- **Essais au feu de parcs de stationnement ouverts**
 - Essais au feu de voitures localisés
- **Exemple de feu accidentel dans des bâtiments existants et autres essais au feu hors de l'Europe**
 - Feux accidentels
 - Autres essais au feu

26 Mai 2011 Aperçus de feux réels 2

Essais au feu de Cardington

• Bâtiment à structure métallique à 8 niveaux

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

3




Connexion Poutre/Poutre



Connexion Poutre/Poteau

Essais au feu de Cardington

• Données principales du bâtiment

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

4

- Longueur: 42m en 5 travées de 9m
- Largeur: 21m en 3 travées de 6m, 9m et 6m
- Hauteur des étages: 4.2m
- Eléments métalliques: poutres de type UB et poteaux de type UC
- Dalle mixte: en béton léger d'une épaisseur totale de 130mm avec une tôle trapézoïdale en acier
- Treillis métallique: 142mm²
- Connexions métalliques: cornières pour les connexions poutre/poutre et plaques d'about pour les connexions poutre/poteau
- Charge appliquée: sacs de sable

Essais au feu de Cardington

• **Essai d'une poutre continue : longueur = 9.0 m**

TEST COMPARTIMENT

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 5

Essais au feu de Cardington

• **Essai d'une poutre continue : résultats de l'essai**

Déplacement vertical
Température maximale

• **Observation**

- Echauffement maximum ≈ 900 °C
- Flèche de la poutre < 250 mm

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 6

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• Comparaison avec un essai au feu normalisé

Flèche = travée/30

Essai trame

Essai feu normalisé

Température [°C]

• Conclusion

- Pas de signe de ruine du système de plancher mixte global
- Effondrement à $\theta \approx 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ si isostatique

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

7

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• Essai d'une trame

9000

9000

9000

9000

9000

TEST COMPARTMENT

1

2

3

4

5

6000

9000

6000

6000

6000

6000

6000

Aperçu de feux réels

26 Mai 2011

8

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Essai d'une trame : résultats de l'essai**

The graph plots two variables against time (0 to 350 minutes):

- Maximum vertical displacement (solid blue line):** Starts at 0, rises to a peak of approximately 300 mm at 150 minutes, and then gradually declines to about 230 mm at 300 minutes.
- Maximum post temperature (dotted red line):** Starts at 0, rises sharply to a peak of approximately 750 °C at 150 minutes, and then gradually declines to about 200 °C at 300 minutes.

• **Observation**

- Echauffement maximum ≈ 750 °C
- Flèche de la poutre ≈ 300 mm

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 9

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Etat de déformation des éléments chauffés du plancher**

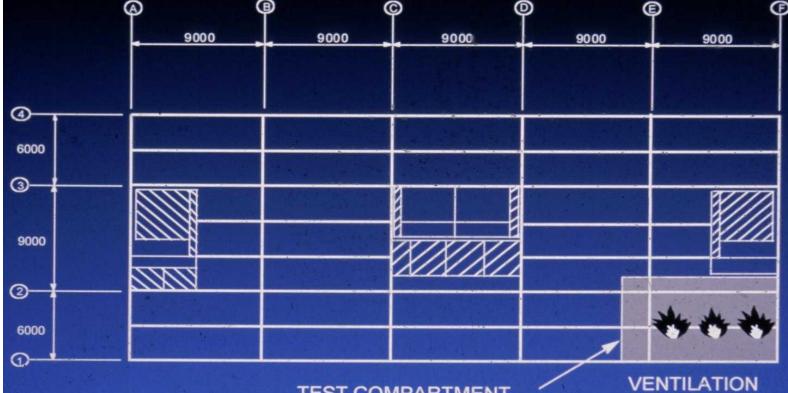
• **Conclusion**

- Ecrasement de la partie non protégée de la colonne
- Pas d'effondrement malgré une ruine locale

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 10

Essais au feu de Cardington

• **Essai d'un coin du compartiment**



The diagram shows a rectangular room divided into a grid. The top horizontal axis is labeled with points A, B, C, D, E, and F, with a distance of 9000 indicated between each. The left vertical axis is labeled with points 1, 2, 3, and 4, with a distance of 6000 indicated between each. The room is divided into several sections by lines. Some sections are shaded with diagonal lines. An arrow points to a section labeled 'VENTILATION' with three small flame icons. The text 'TEST COMPARTIMENT' is at the bottom left.

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

11

Essais au feu de Cardington

• **Essai d'un coin du compartiment : configuration**



The left photograph shows the interior of a room with brick walls and a wooden floor, with various materials and equipment scattered around. The right photograph shows three people working on a wall made of hollow blocks, with several white panels attached to the wall. A caption text is positioned between the two images.

Charge au feu avec des palettes de bois égale à 45 kg/m²

Murs du compartiment avec des parpaings creux

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

12

Essais au feu de Cardington

- **Essai d'un coin du compartiment : résultats de l'essai**



Feu pendant l'essai

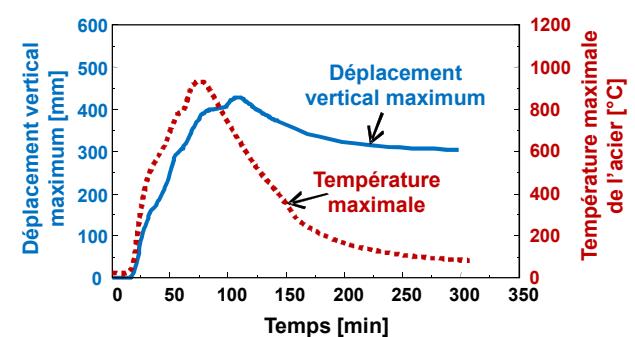


Plancher déformé après l'essai

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 13

Essais au feu de Cardington

- **Essai d'un coin du compartiment : résultats de l'essai**



- **Observation**
 - Echauffement maximum de l'acier $\approx 1014^{\circ}\text{C}$
 - Flèche maximale du plancher $\approx 428 \text{ mm}$

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 14

Essais au feu de Cardington

• **Essai d'un coin du compartiment : structure après l'essai**

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

Etat de déformation de la partie chauffée du plancher mixte

Etat de déformation des éléments métalliques autour du poteau métallique protégé

• **Conclusion**

- Aucun signe de ruine globale du plancher ainsi qu'une flèche limitée du plancher malgré un échauffement important de l'acier

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

15

Essais au feu de Cardington

• **Essai de démonstration (une surface de plus de 130 m²)**

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

VENTILATION

OFFICE FIRE

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

16

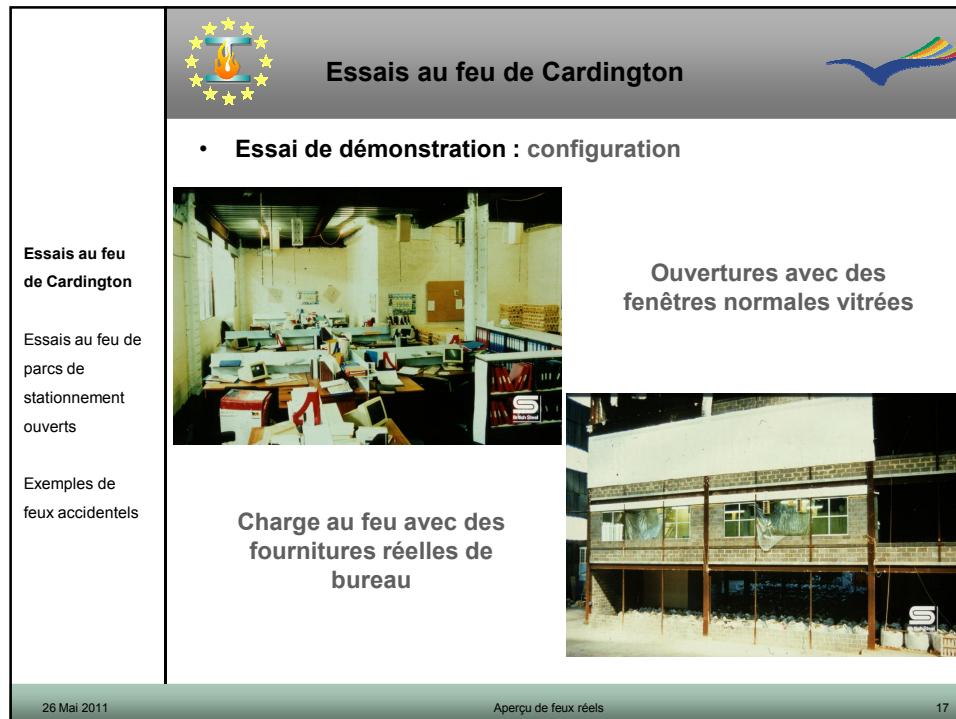
Essais au feu de Cardington

- **Essai de démonstration : configuration**

Ouvertures avec des fenêtres normales vitrées

Charge au feu avec des fournitures réelles de bureau

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 17



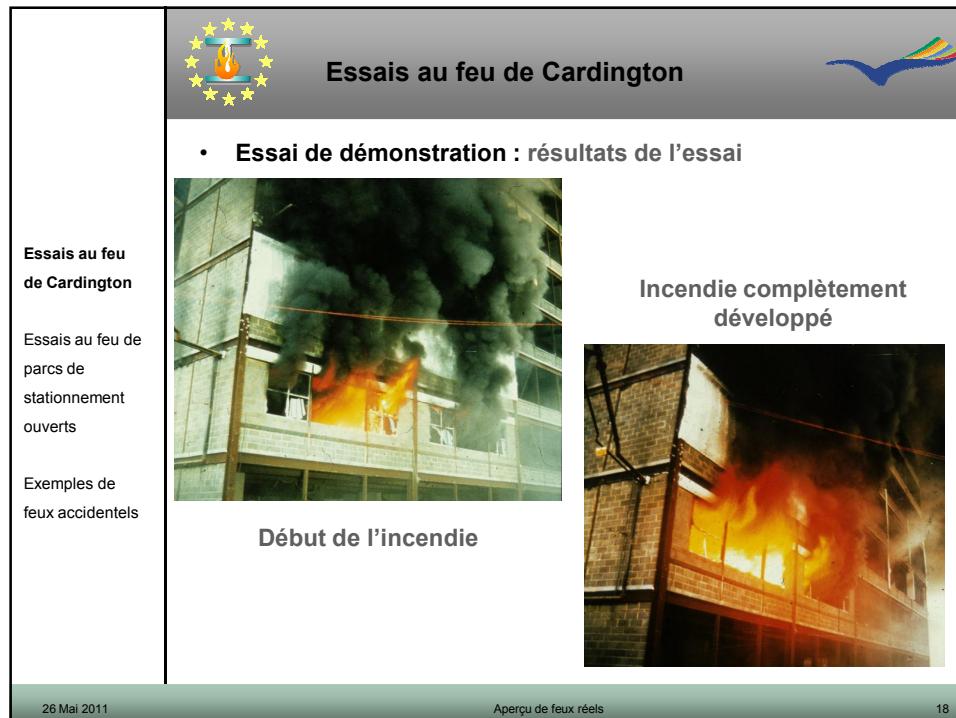
Essais au feu de Cardington

- **Essai de démonstration : résultats de l'essai**

Incendie complètement développé

Début de l'incendie

26 Mai 2011 Aperçu de feux réels 18



Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Essai de démonstration : résultats de l'essai**

Température des gaz [°C]

Temps [min]

• **Observation**

- Température des gaz maximale ≈ 1200 °C
- Echauffement maximum de l'acier ≈ 1150 °C

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

19

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Essai de démonstration : résultats de l'essai**

Déplacement vertical [mm]

Température [°C]

Time (min)

• **Observation**

- Flèche importante du plancher ≈ 640 mm
- Pas de ruine du plancher

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

20

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Essai de démonstration : structure après l'essai**

Etat de déformation de la partie chauffée du plancher mixte

Etat de déformation des éléments métalliques autour du poteau métallique protégé

• **Conclusion**

– Pas de signe de ruine globale du plancher malgré un échauffement important de l'acier et une flèche importante du plancher

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

21

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• **Autres essais au feu**

– Second essai d'un coin

– **Essai d'un grand compartiment**

– Nouvel essai d'un coin

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

22

 Essais au feu de Cardington	<h2>Essais au feu de Cardington</h2> <ul style="list-style-type: none"> • Remarques générales <ul style="list-style-type: none"> – Nombre important d'essais au feu sévères réalisés dans ce bâtiment à structure métallique sans ruine de la structure globale – Performance au feu bien meilleure observée par rapport à des essais au feu standard ordinaires avec des éléments métalliques simples – Excellent comportement global du plancher mixte, même avec un échauffement des poutres métalliques à plus de 1000°C – Amélioration évidente de la résistance au feu du plancher mixte en raison de l'effet membrane induit dès les grands déplacements – Bonne rigidité structurelle du système de plancher mixte en cas de fissuration importante du béton
Essais au feu de parcs de stationnement ouverts	
Exemples de feux accidentels	

<p>Essais au feu de Cardington</p> <p>Essais au feu de parcs de stationnement ouverts</p> <p>Exemples de feux accidentels</p>	<p></p> <h2>Essais au feu de parcs de stationnement ouverts</h2> <ul style="list-style-type: none"> • Bâtiment en structure métallique à 1 niveau  <p>5m 16m 3 m 32m 15 m</p>
---	---

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Bâtiment en structure métallique à 1 niveau



2.5m

2.33m

5.0m

Aperçu de feux réels

25

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

26 Mai 2011

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Données principales de la structure

- Longueur: 32m en 2 travées de 16m
- Largeur: 15m en 3 travées de 5m
- Hauteur de l'étage: 3.0m
- Eléments métalliques: poutres de type IPE et poteaux de type H
- Dalle mixte: en béton normal d'une épaisseur totale de 120 mm et une tôle en acier
- Treillis
- Connexions en acier: double cornière pour les connexions poutre/poutre et plaques d'about pour les connexions poutre/poteau
- Charge appliquée: voitures réelles

Aperçu de feux réels

26

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

- 2 essais au feu impliquant 3 voitures dans chacun

16 m

5 m

Direction du vent

Test 1

Test 2

IPE400 IPE500 IPE550

Poteaux d'angle: HEA 180

Poteaux centraux: HEB200

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

27

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

- Résultats des essais (essai 1)

0 min

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

28

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

• Résultats des essais (essai 1)

10 min



26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

29

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

• Résultats des essais (essai 1)

33 min



26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

30

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

• Résultats des essais (essai 1)

62 min



26 Mai 2011

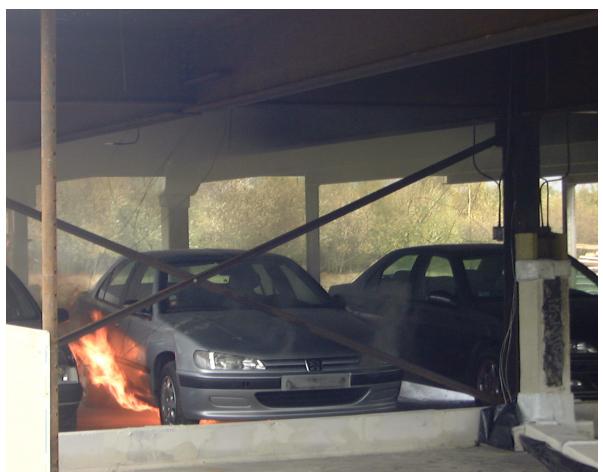
Aperçu de feux réels

31

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

• Résultats des essais (essai 2)

0 min



26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

32

	 Essais au feu de parcs de stationnement ouverts 
Essais au feu de Cardington	
Essais au feu de parcs de stationnement ouverts	
Exemples de feux accidentels	
26 Mai 2011	Aperçu de feux réels
33	

Résultats des essais (essai 2)

10 min



	 Essais au feu de parcs de stationnement ouverts 
Essais au feu de Cardington	
Essais au feu de parcs de stationnement ouverts	
Exemples de feux accidentels	
26 Mai 2011	Aperçu de feux réels
34	

Résultats des essais (essai 2)

25 min



Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• Résultats des essais (essai 2)

44 min



26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

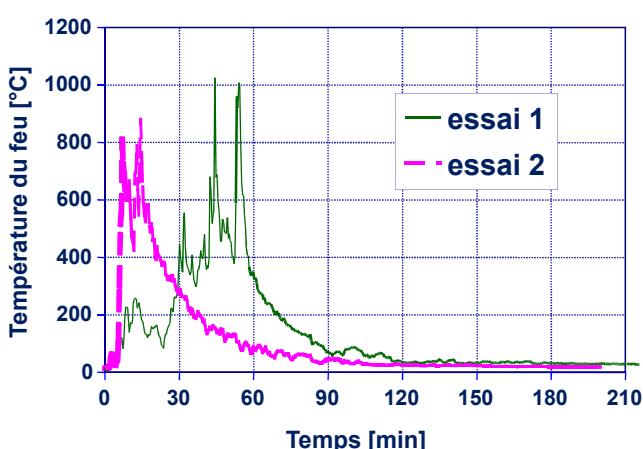
35

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

• Résultats des essais : température des gaz



Température du feu [°C]

Temps [min]

essai 1

essai 2

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

36

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

- Résultats des essais : température dans l'acier

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

37

Essais au feu de Cardington

Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

Exemples de feux accidentels

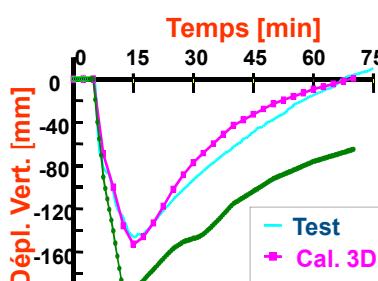
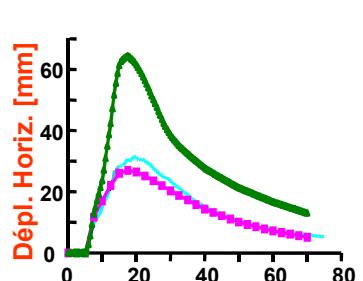
Essais au feu de parcs de stationnement ouverts

- Résultats des essais : température dans l'acier

26 Mai 2011

Aperçu de feux réels

38

	<p> Essais au feu de parcs de stationnement ouverts </p> <ul style="list-style-type: none"> • Conséquence de l'effet membrane 3D <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Dépl. Vert. [mm]</p> <p>Temps [min]</p> <p>Legend: Test (blue line), Cal. 3D (magenta stars), Cal. 2D (green dashed line)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Dépl. Horiz. [mm]</p> <p>Temps [min]</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Conclusion <ul style="list-style-type: none"> – Réduction des déplacements grâce à l'effet membrane 3D comparé au comportement d'un portique 2D
--	---

		<h2>Feux accidentels et autres essais au feu</h2>  <ul style="list-style-type: none"> Incendie à Broadgate <ul style="list-style-type: none"> Bâtiment de bureaux à 14 étages avec système de plancher mixte Température du feu au-delà de 1000°C Flèche importante du plancher (plus de 600mm), mais pas d'effondrement <p>Essais au feu de Cardington</p> <p>Essais au feu de parcs de stationnement ouverts</p> <p>Exemples de feux accidentels</p>  
--	---	---

<p>Essais au feu de Cardington</p> <p>Essais au feu de parcs de stationnement ouverts</p> <p>Exemples de feux accidentels</p>		<h2>Feux accidentels et autres essais au feu</h2> <ul style="list-style-type: none"> • Essais en Australie <ul style="list-style-type: none"> – Système de plancher mixte grandeur réelle – Charge au feu: 52 kg/m² de palettes de bois – Température du feu supérieure à 1228°C – Pas d'effondrement du plancher <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="472 633 864 882">  </div> <div data-bbox="864 633 1093 882">  </div> </div>
---	---	--