

24^{èmes} journées du GDR CNRS 2864 Incendie
Toulouse, 12 et 13 octobre 2017



CALCULS DES IMPACTS SUR L'ÉVACUATION DES PERSONNES ET LES STRUCTURES D'UN INCENDIE CRIMINEL PRÉCÉDÉ D'UNE EXPLOSION DANS UNE GARE SOUTERRAINE - PROJET ANR REHSTRAIN

Gildas Auguin & Virginie Dréan



Eddie Faure, Anne Thiry-Muller, Mathieu Suzanne
& Renato Mole-Antoniazza



SPONSORED BY THE



PARTNERS:



Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg



Technology
Arts Sciences
TH Köln



der Bundeswehr
Universität München

Projet REHSTRAIN



- Resilience of the Franco-German High Speed Train Network
- Projet franco-allemand financé par l'agence nationale pour la recherche (ANR) et par le ministère fédéral pour la recherche et l'éducation
 - 3 ans: 2015 - 2017

SPONSORED BY THE



Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg



Technology
Arts Sciences
TH Köln

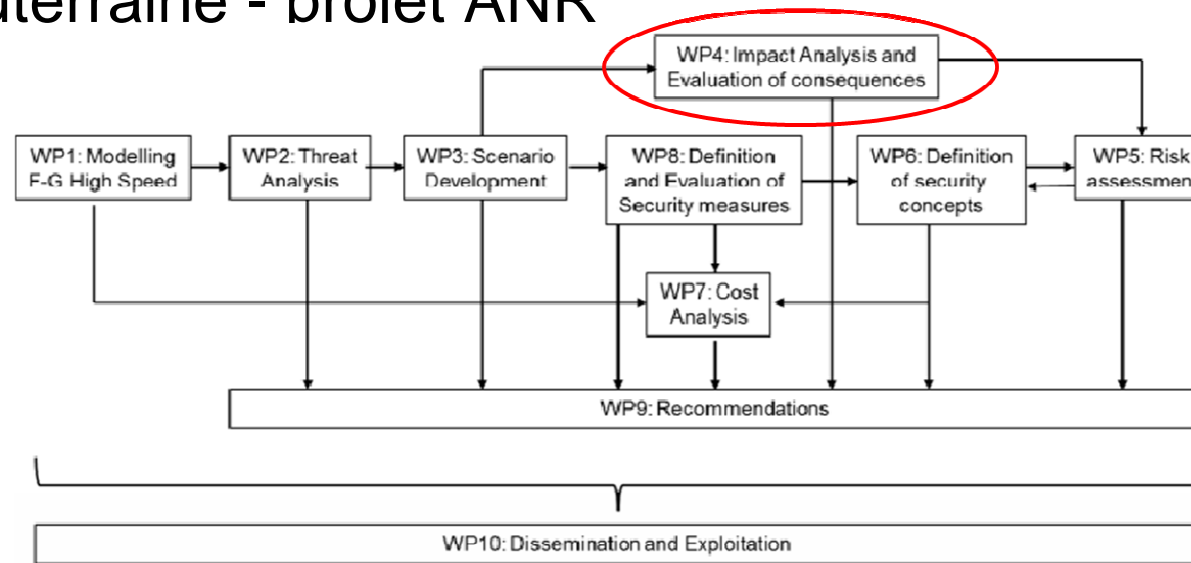


IFSTAR

der Bundeswehr
Universität München



- LCPP et Efectis impliqués sur WP4
 - Calculs des impacts sur l'évacuation des personnes et les structures d'un incendie criminel précédé d'une explosion dans une gare souterraine - projet ANR



Présentation



1. Présentation des objectifs du WP 4
2. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur les personnes et les structures
3. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur l'évacuation des personnes
4. Conclusion



Objectifs du WP 4



- Analyses d'impacts et évaluations des conséquences d'une attaque terroriste sur les **personnes**, les **structures**, et le **trafic ferroviaire**
- **Modélisation** des phénomènes, sur la base de scénarios d'attaque prédéfinis (WP 3)



Travaux réalisés



- Modélisation des phénomènes :

- explosion
- incendie
- dispersion de toxiques
- évacuation des personnes

- ... dans les contextes suivants:

- tunnel
- gare
- champ libre



Présentation



1. Présentation des objectifs du WP 4
2. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur les personnes et les structures
3. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur l'évacuation des personnes
4. Conclusion



Méthodologie



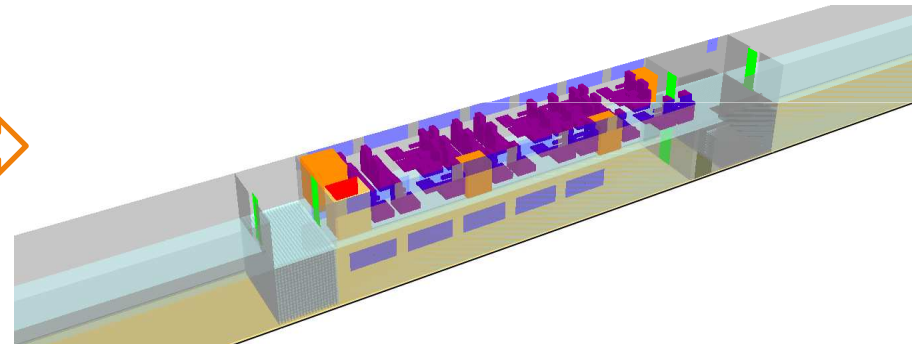
- **Petite échelle (foyer initial)**

- Modélisation feu de sièges (Efectis)
- Feux réels de bagages (LCPP)



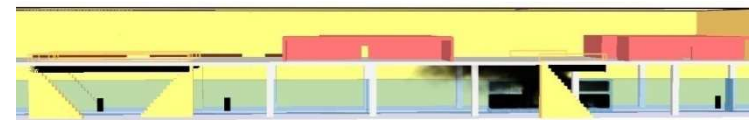
- **Moyenne échelle (propagation voiture)**

- Explosion 3 kg (Efectis) ou 15 kg (LCPP) suivi de feu
- Fenêtres fermées ou brisées
- Estimation de la puissance libérée (HRR) + risque de propagation aux voitures adjacentes



- **Grande échelle (gare)**

- Explosion 3 kg (Efectis) ou 15 kg (LCPP), puis feu
- Feu de motrice (Efectis)
- Propagation chaleur et fumée dans la gare
- Flux reçu par les structures



Hypothèses – petite échelle (bagages)



6 essais de feux :

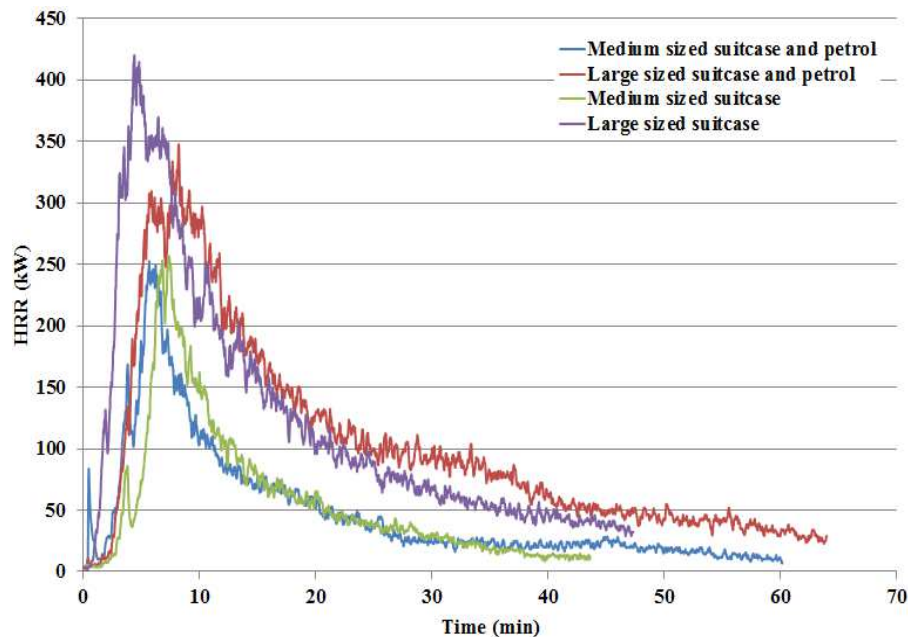
- 2 tailles de bagages
 - 9 kg/18 kg (pleins)
- 2 agencements
 - 1 seule valise
 - 2 petites + 1 grosse
- 2 conditions de mise à feu:
 - avec ou sans accélération (200 mL d'essence)
- 2 conditions de confinement des racks de bagages :
 - champ libre / champ semi-fermé



Principaux résultats – petite échelle (bagage)



1 seule valise



Evolution temporelle du débit calorifique

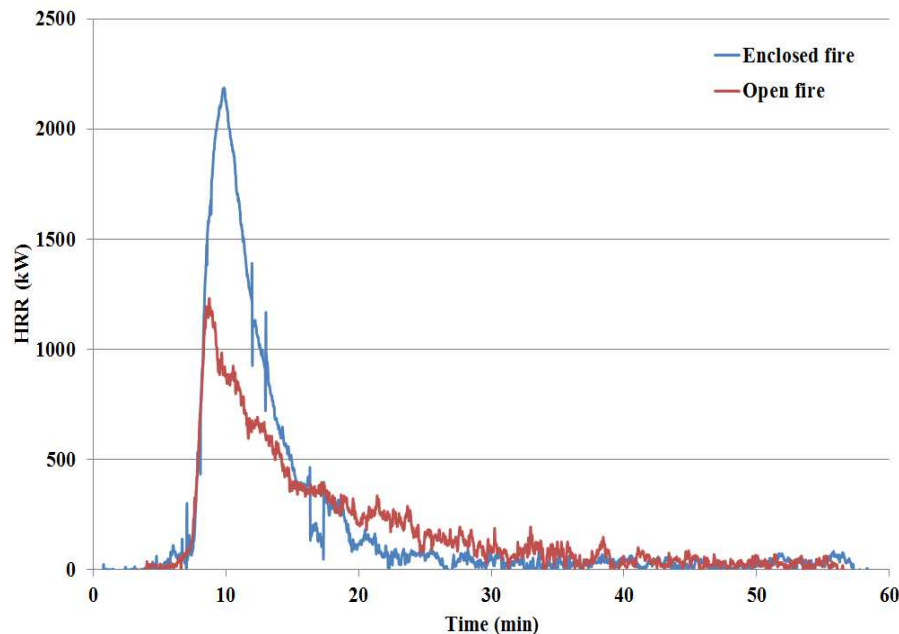
- Cinétique de croissance :
 - [rapide – médium]
- Peu d'influence de la présence d'accélérateur
 - → valises rigides non perméables
 - → différence de phase de croissance provient des conditions d'allumage non répétables et des chutes de matériaux
- Impact de la taille (masse et matériaux) de la valise
 - sur la cinétique
 - sur la puissance



Principaux résultats – petite échelle (bagage)



3 valises

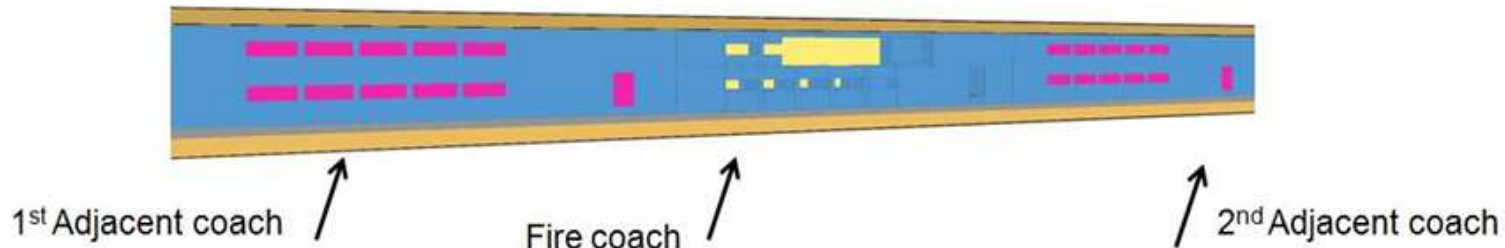


Débit calorifique pour 3 valises, recalés dans le temps

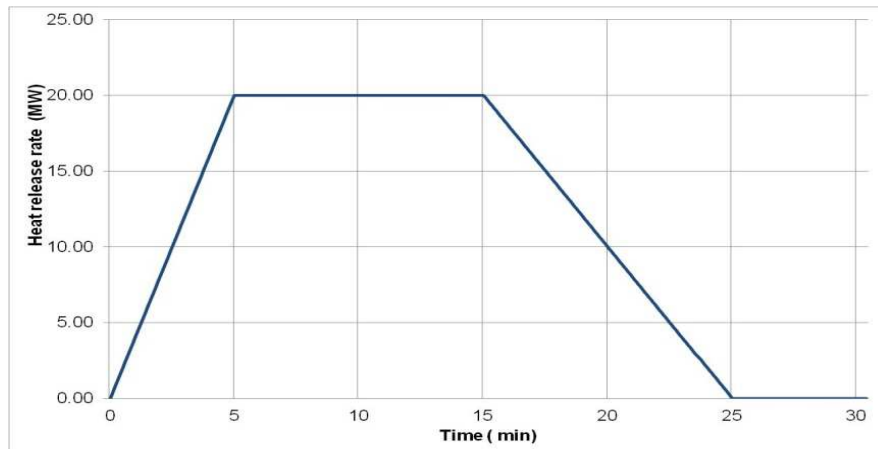
- Forte influence du confinement
- Bonne cohérence de résultats avec la littérature (pour le champ libre)
- Résultats inédits (pour les valises semi-confinées)



Exemples d'hypothèses – grande échelle (gare) – 15 kg d'explosif



- Hole with total surface of 75 m²
- 9,0 m horizontal diameter
- Ruin of lateral sides, intermediary floor and windows
- Prescribed HRR from scenario 2a on the lower compartment floor
- Evaluation of propagation to upper compartment and adjacent coaches

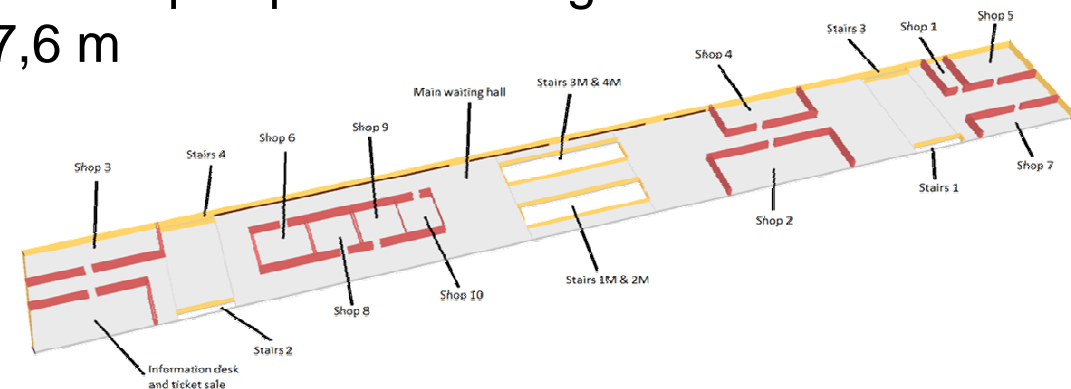


Grande échelle – géométrie de la gare

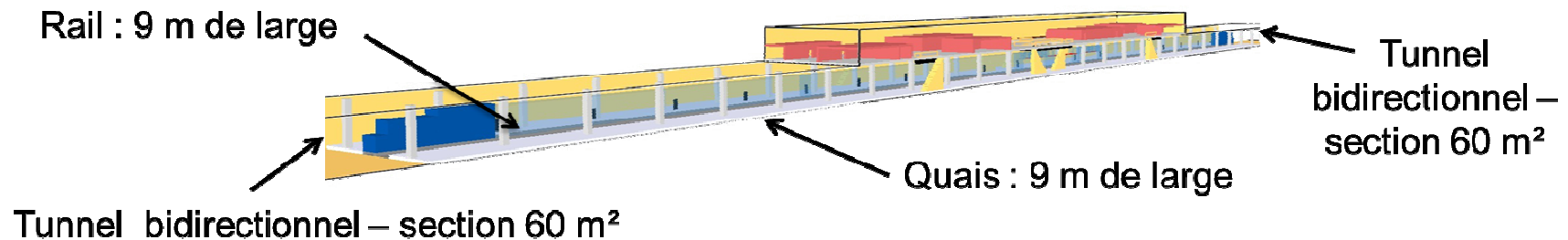


- Gare souterraine:

- 1 niveau semi-enterré : salle des pas perdus + magasins + locaux de vente SNCF : $200 \times 24 \times 7,6$ m



- 1 niveau enterré : 2 quais et 2 voies pour TVG duplex : $480 \times 24 \times 8$ m



Principaux résultats – grande échelle (gare)



- **Modélisation 3D avec FDS 6**
 - Evaluation du risque pour les structures (flux thermiques incidents)
 - Estimation du temps à partir duquel les conditions d'évacuation pour les personnes ne sont plus satisfaisantes (température des gaz et densité optique)

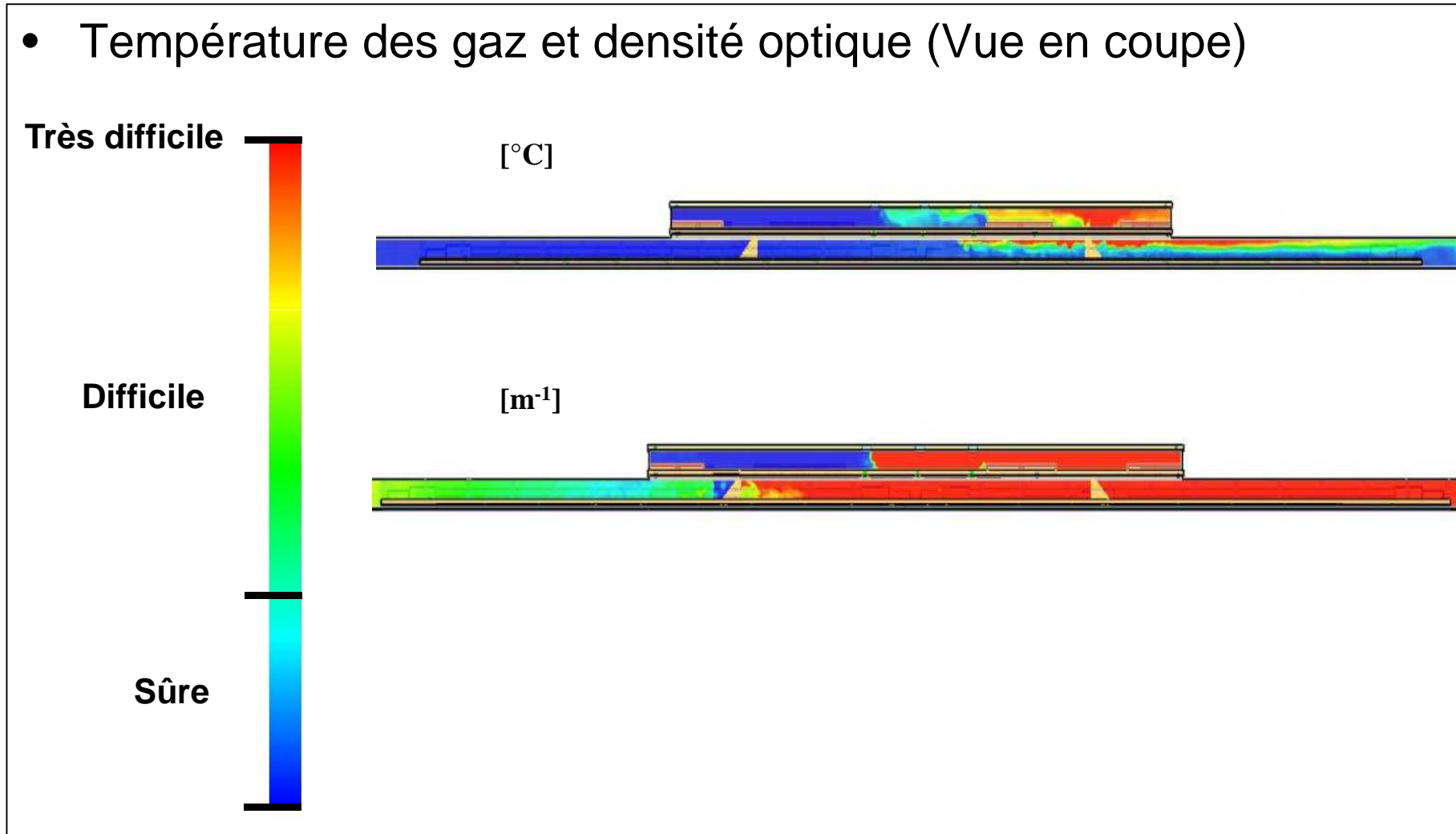
• *Données quantifiées confidentielles sur demande de l'ANR*

Critères d'acceptabilité pour le public	Conditions d'évacuation		
	Sûre	Difficile	Très difficile
Température (°C)	< 40	$40 \leq x < 60$	≥ 60
Densité optique (m ⁻¹)	< 0.1	$0.1 \leq x < 0.2$	≥ 0.2

Principaux résultats – grande échelle (gare)



- Température des gaz et densité optique (Vue en coupe)



Présentation



1. Présentation des objectifs du WP 4
2. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur les personnes et les structures
3. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur l'évacuation des personnes
4. Conclusion



Méthodologie



Approche déterministe

Modèle analytique (GA 23)

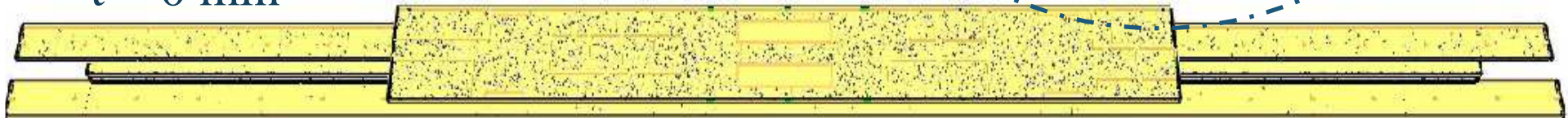
- Calcul du temps d'évacuation

Approche probabiliste

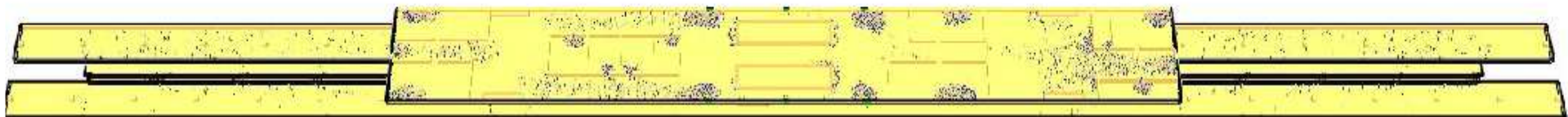
Modèle microscopique multi-agent (FDS + EVAC)

- Calcul du temps d'évacuation
- Analyse des causes de décès
- Analyse des répartitions de flux (choix des issues)

t = 0 min



t = 6.5 min



Calculs avancés



2 scénarios
d'attaque terroriste

- 3 kg explosif
- 15 kg explosif



8 jeux
d'hypothèses
d'évacuation
= 8 cas (étude
paramétrique)



200 calculs
d'évacuation pour
chaque scénarios
d'attaque et chaque
cas

**Nombre total de simulations =
3200 calculs d'évacuation
FDS + EVAC**



Calculs avancés – principales hypothèses



Pour l'étude paramétrique :

- 3 profils d'individus:
 - Adultes
 - PSH indépendante (personnes encombrées, enfants, blessés légers, etc.)
 - PSH dépendante (PMR, petits enfants, etc.)
- 3 types de comportements :
 - Leaders (optimisent leur trajet, connaissent les lieux, personnel de gare)
 - Suiveurs (ne connaissent pas les lieux, sont perdus, en état de choc...)
 - Standards (cherchent d'abord à sortir par les issues connues, mais peuvent aussi suivre les autres si les conditions ne sont pas propices vers les issues connues)
- 2 types d'effectifs initiaux dans la gare :
 - Plein effectif = 4500 personnes:
 - Effectif réduit : 50 % au R-1 et 100% au R-2 = 2772 personnes



Calculs avancés – principales hypothèses



Autres hypothèses :

- Indisponibilité des issues en fonction de la température :
 - 2 escaliers et 1 porte : entre 4 et 29 minutes, selon le cas et le scénario de feu
- Mise en mouvement rapide des personnes (30 à 90 secondes)
- Escaliers mécaniques descendants négligés

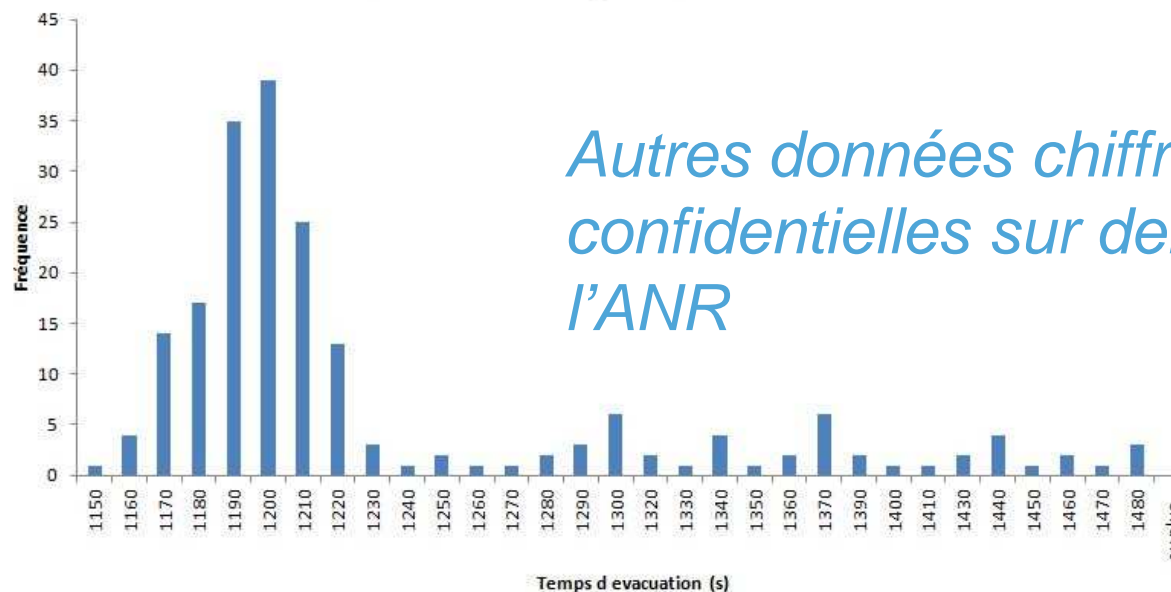


Calculs avancés – principaux résultats



- Peu de différences significatives entre les 8 jeux de données d'évacuation et les 2 scénarios d'attaque (explosion/feu) :
 - l'impact de tous les paramètres d'entrée testés est très limité
 - ce qui est le plus déterminant c'est l'évacuation du R-2 et notamment la sortie du train
- Nombre de simulations importants nécessaires pour atteindre la convergence + signification des dispersions des résultats ?

Distribution temps d'évacuation : cas 1



*Autres données chiffrées
confidentielles sur demande de
l'ANR*



1. Présentation des objectifs du WP 4
2. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur les personnes et les structures
3. Calcul des conséquences d'une explosion suivie d'un incendie sur l'évacuation des personnes
- 4. Conclusion**



Conclusion



- Apports du projet REHSTRAIN
 - Évaluation de la sécurité et résilience pour réseau transport ferroviaire
 - Analyse de risques et conséquences sur les personnes et structures
- Pour les partenaires:
 - Obtenir des résultats d'essais inédits
 - Evaluer les modèles (FDS + outils d'évacuation)
 - Développer des outils de traitement de résultats
 - Liens avec d'autres partenaires, transfert de compétences
- L'outil d'évacuation FDS + EVAC nécessite des précautions et des connaissances, d'où l'importance de ce type de projet

