



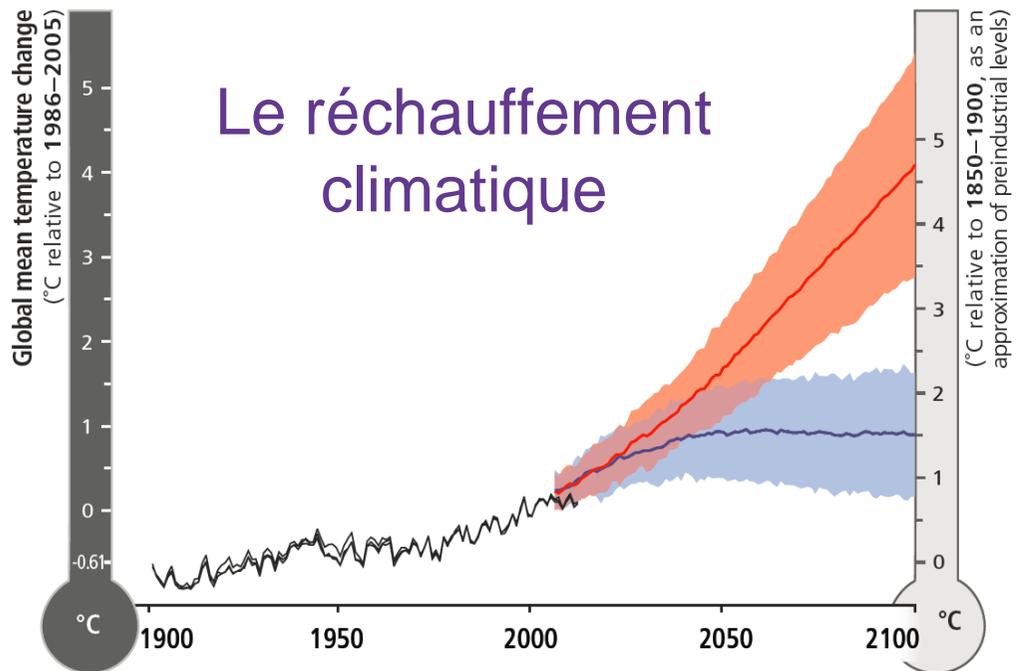
Prise en compte des nouveaux vecteurs énergétiques (NEC) dans les scénarios d'incendie en tunnels

Benjamin TRUCHOT

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Le contexte du réchauffement climatique



Le réchauffement climatique

Source : GIEC

- Observed
- RCP8.5 (a high-emission scenario)
- Overlap
- RCP2.6 (a low-emission mitigation scenario)



Source : CITEPA



Le transport est le principal contributeur

Dans ce contexte :

- Il n'est pas acceptable d'interdire les NEC en tunnels
 - Impact sur le public
 - Frein au développement nécessaire
- Mais pas au détriment des risques
 - Prise en compte de nouveaux scénarios « atypiques »
 - Dimensionnement en conséquence
- Des cas particuliers pour les tunnels particuliers
 - Impact des systèmes d'extinction sur les NEC
- Est il nécessaire d'adapter la réglementation ?

S'il y a un problème, trouvons des solutions.



Quels sont ces NEC ?

Hydrogène – 700 b



Gaz naturel
pour Véhicule
(GNV) – 200 b



Véhicules électriques (Li-Ion, LMP, ...)



Biocarburants

En tunnel, il y a plusieurs types de feu



Les feux hors normes

Puissance très importante (> 100 MW)

- * Des conséquences dramatiques
 - * Systèmes de ventilation inadaptés
- Les conséquences ne doivent pas empirer avec les NEC

Les feux gérables

- * Feu de PL classé (200 à 1000 MW)
 - * Des conséquences
 - * Compatibilité
- Niveau de sé



Les bons petits feux, type feu de VL

- * Puissance limitée (< 10 MW)
 - * Pas de réelles conséquences
 - * Systèmes de ventilation adaptés
- Ca doit le rester pour les NEC

Le cas des VL ou « Les bons petits feux »

→ Le pic de puissance

- Impact d'un feu de batterie sur la puissance max ?
- Feu torche de GNV ou H₂ peut entraîner une propagation à d'autres véhicules

→ Cinétique de l'incendie : En tunnel, les premières minutes sont cruciales

→ De nouveaux phénomènes à considérer

- Explosion de gaz : GNV or H₂
- Feu torche

→ Des conséquences sur l'intervention des services de secours

- L'eau est t'elle toujours un agent efficace, notamment pour les véhicules électriques ?
- Explosion ou feu de batterie lors de l'intervention des secours



Courbe de puissance

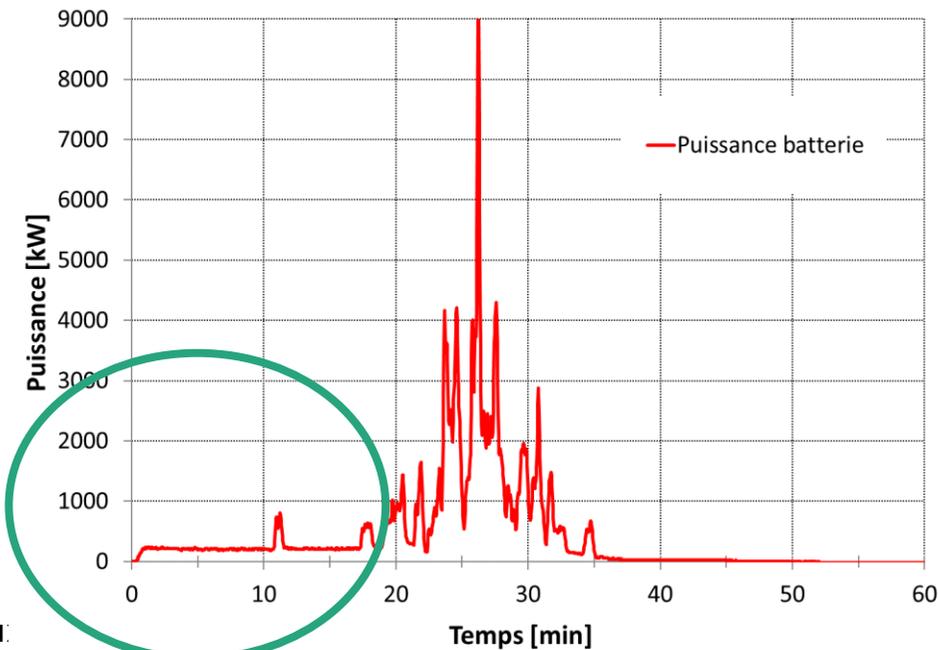
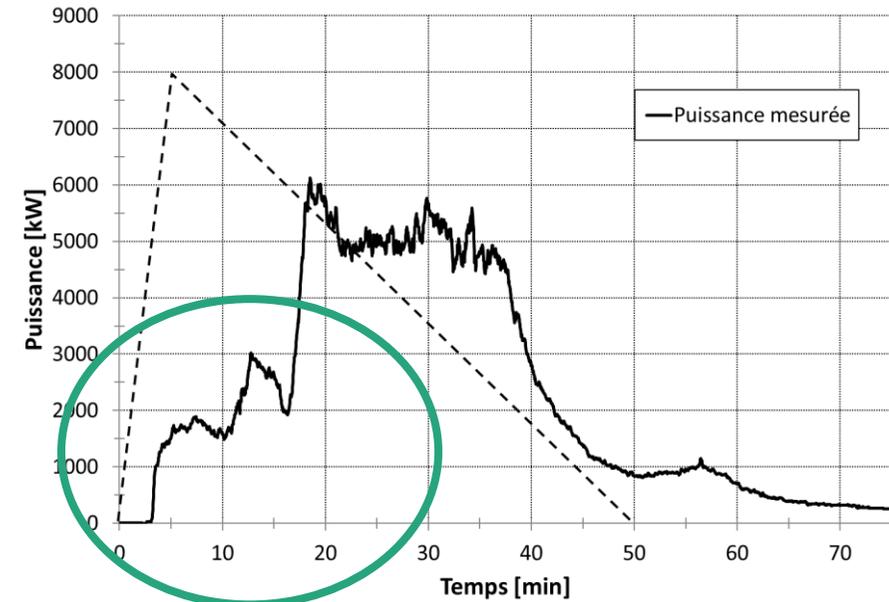
Pour les véhicules classiques

- Des courbes de référence
 - Basées sur des essais à grande échelle
 - Représentatives du parc automobile

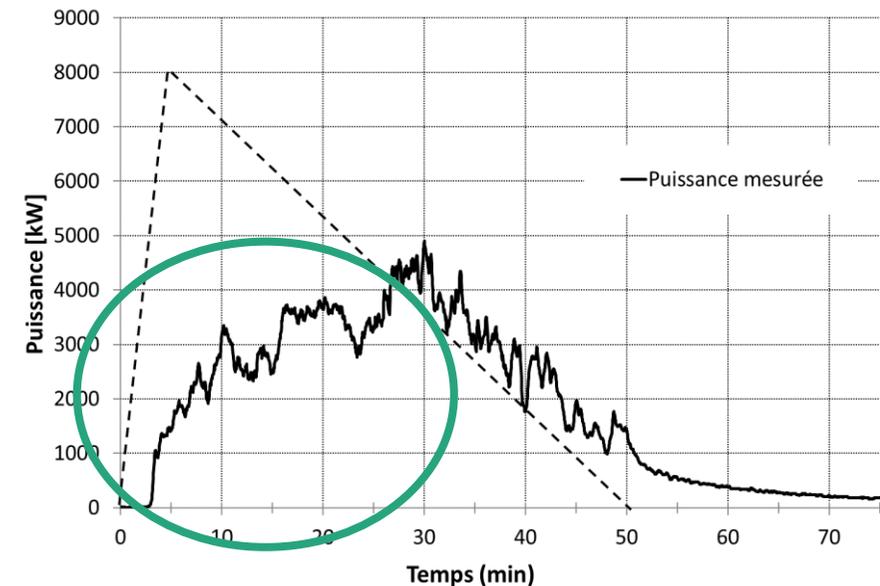
Mais que peut être l'impact d'une batterie ?

- De nombreux essais incendie sur batterie seule

Mais ce n'est pas juste une somme ...



GdR Feu:

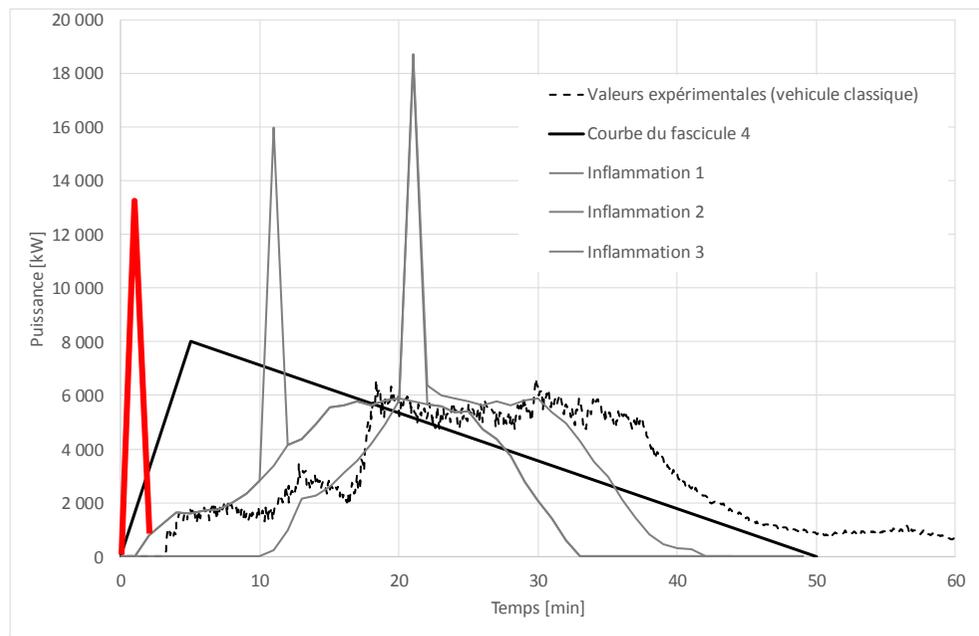


Quelques ordres de grandeur

- Fuite sur TPRD → Feu torche de 5 à 10 MW (50 à 100 g/s)
- Batterie : un potentiel de 1000 g de HF (500 µl/l vs 35 000 µl/l pour CO)

Un point essentiel

- Délai d'ouverture d'un TPRD ? 10 MW à t_0 ou à t_0+10 c'est ≠
- Délai d'inflammation d'une batterie ? Durée de l'incendie



GUR FEUX - 9 & 10 Mars 2017



Réponse et incertitudes

De premières réponses apportées par des essais

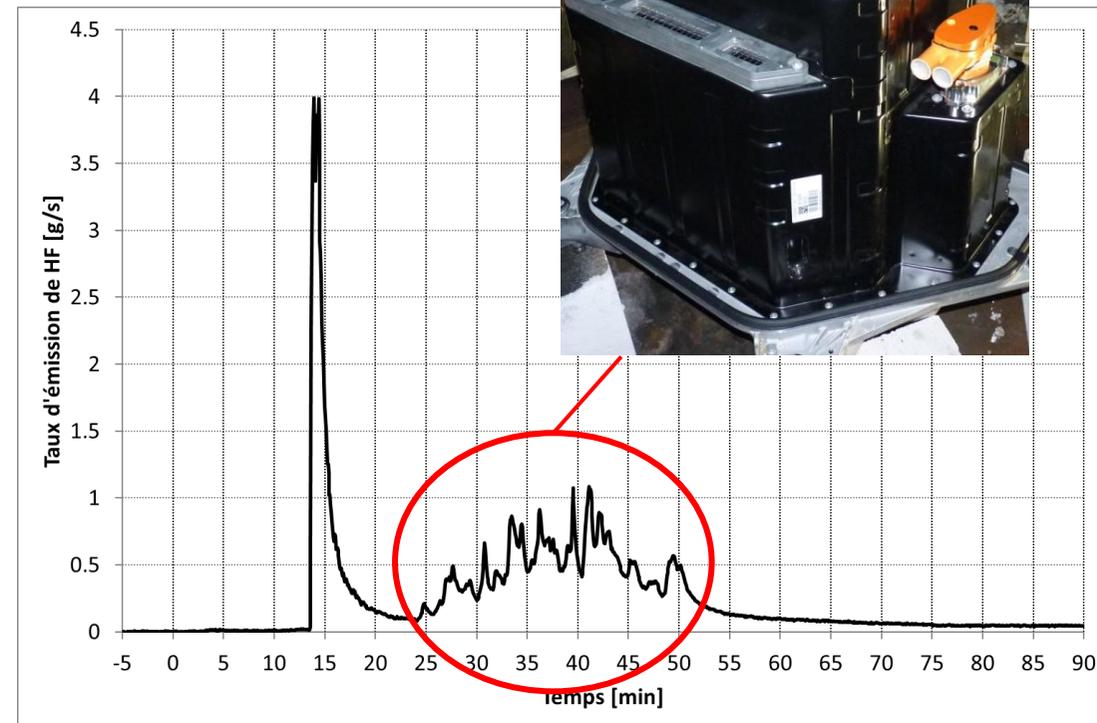
- Essais avec des véhicules hydrogène munis de TPRD
- Essais sur véhicule électrique de différentes natures

Il en ressort globalement

- Délai d'environ 20 minutes
- Durée du phénomène
 - Quelques minutes pour H2 et CNG
 - Une durée de feu de 30 minutes pour les batteries

Mais

- Conséquence d'une ouverture intempestive de TPRD ?
- Inflammation spontanée de batterie (choc, lors du ou longtemps après le)



➔ Réel besoin de caractérisation

Et une explosion de VL ?

Des réservoirs de gaz sous pression

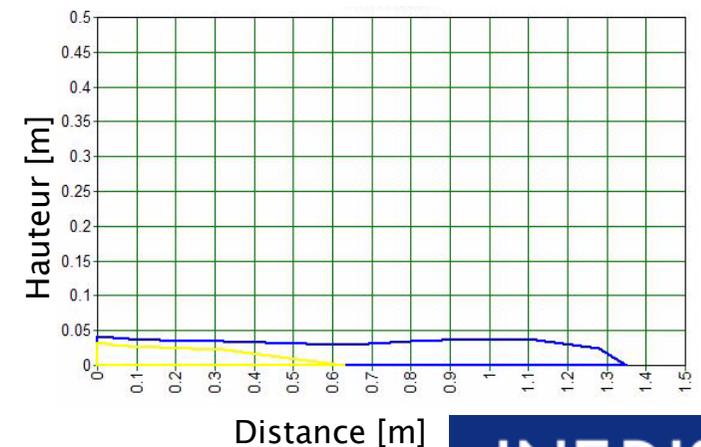
- 200 (GNV) à 700 bars (H_2)
- 2 types d'explosion
 - Éclatement de capacité
 - Fuite et explosion de nuage

Eclatement de capacité

- TPRD, la fin du problème ?
- Modèle thermodynamique de montée en pression du réservoir sur sollicitation thermique

Explosion de nuage

- Un phénomène inhabituel à considérer ?
- Au fait, l'essence, ca donne quoi ?
une référence...



INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Ne reste que l'intervention

Plusieurs essais ont mis en évidence l'efficacité de l'eau pour la lutte contre les feux de véhicules électriques, mais :

- L'incendie peut rester actif longtemps
- Le risque reste présent, reprise possible de l'incendie
- Les essais réalisés sont techno-dépendants

En présence de réservoirs sous pression

- Ouverture possible pendant l'intervention
- Un feu torche, ça se gère, pas un éclatement
→ importance des TPRD



Nécessité de stratégies d'intervention adaptées

- Sont elles techno-dépendantes ?

En l'état actuel des connaissances, pas d'impact significatifs sur la courbe de puissance

- La cinétique des courbes normalisées restent prudentes
- Le pic de puissance n'est pas modifié

Des nouvelles technologies (batteries) sont en cours de développement

- Leur caractérisation doit elle toujours passer par des essais ?
- Peut-on imaginer un modèle fiable pour évaluer la puissance des feux de batteries

Et les PL ?

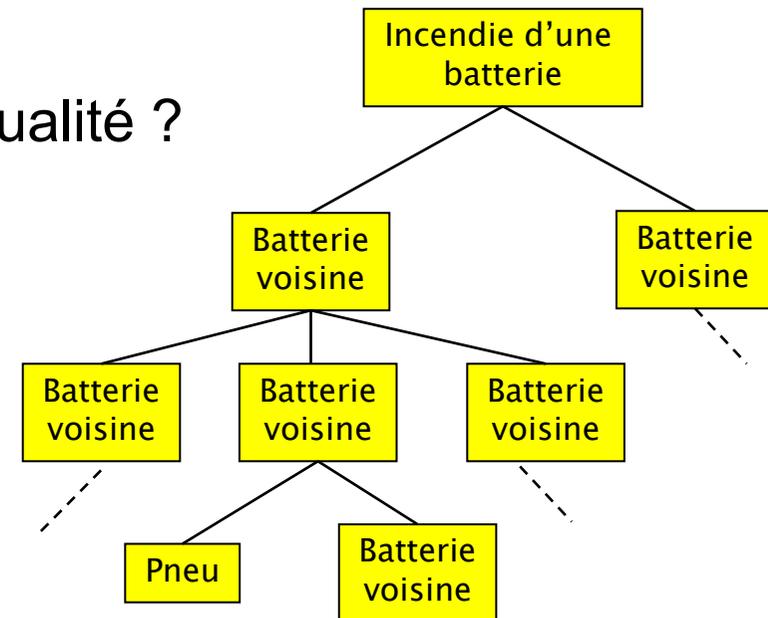
PL à propulsion de type nouvelle énergie

- Même problématique que le VL, en plus gros
- Pas de réel impact sur la courbe de puissance
- Une limite : l'état de l'art actuel des batteries

Mais quid du transport ?

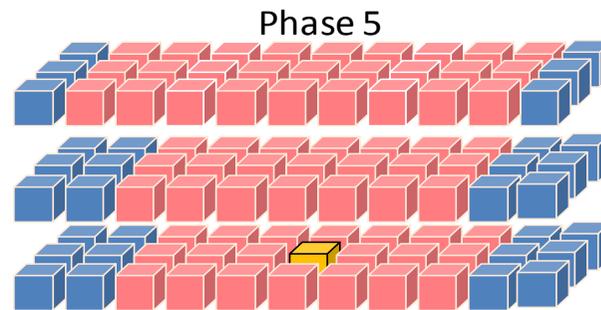
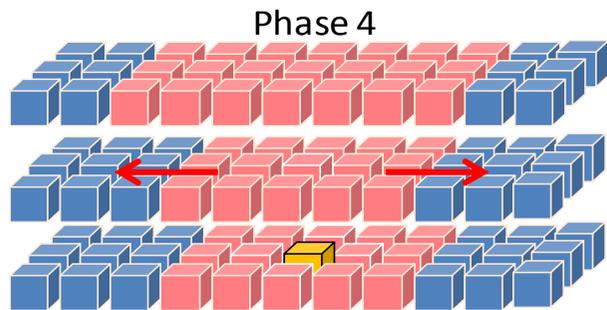
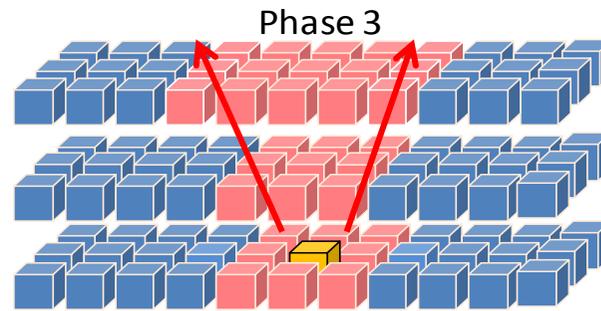
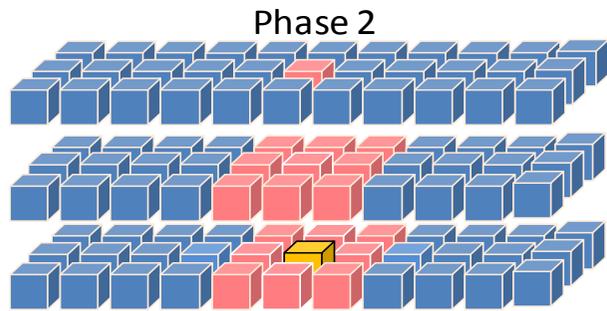
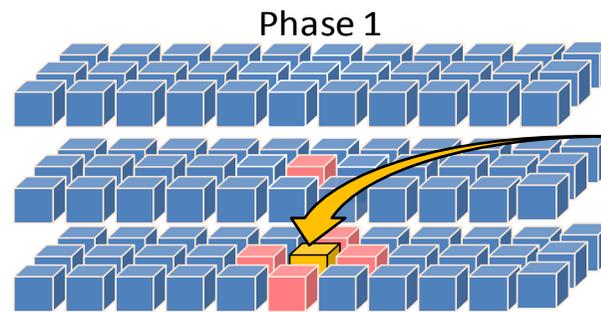
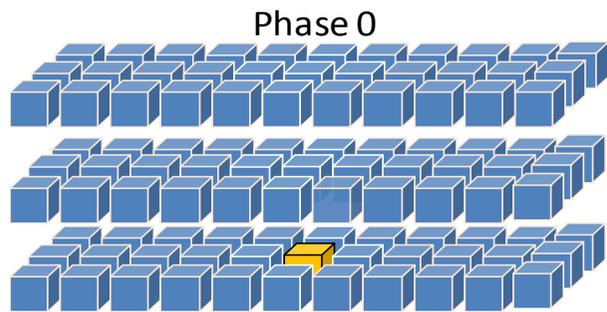
- La courbe 200 MW est elle toujours d'actualité ?
- Nécessité de prédire :
 - Courbe de puissance
 - Courbe d'émission toxique

Développement d'un modèle empirique

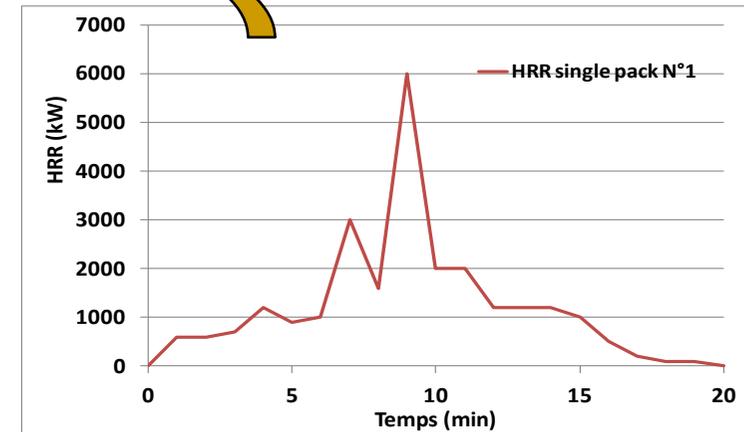


Une première approche

Modèle empirique



Courbe expérimentale



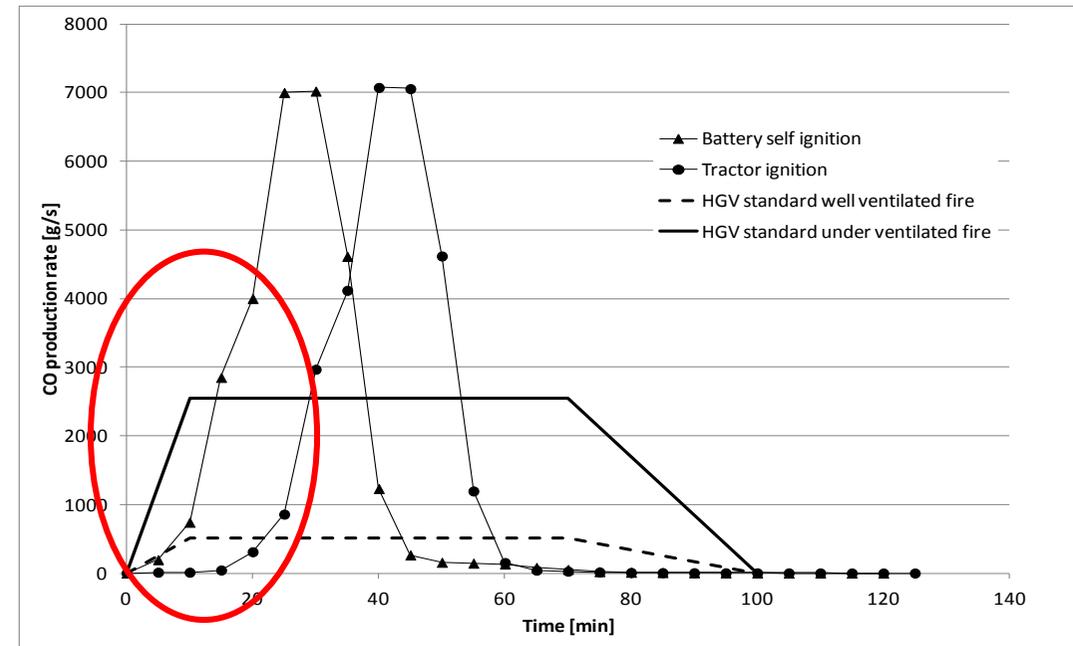
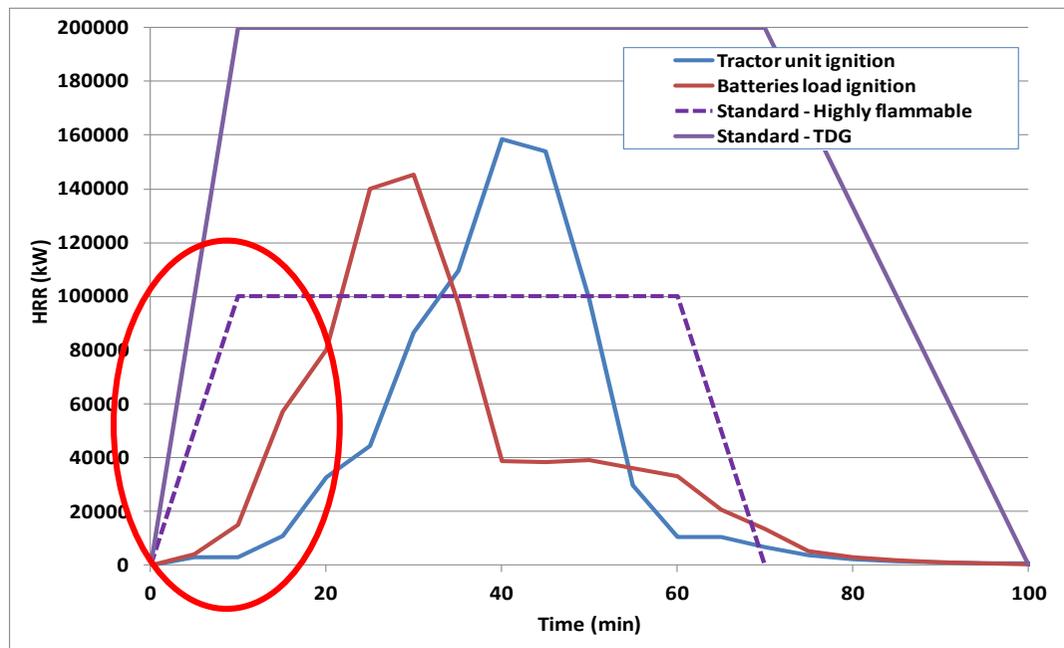
Estimations des caractéristiques

Evaluation de la puissance de l'incendie

- En s'appuyant sur les données expérimentales
- Sur la base d'hypothèses de propagation (délai, température, ???)

Evaluation du taux de production de toxiques

- Sur la base des mêmes hypothèses



Et donc ?

Le modèle est discutable

- Hypothèses forfaitaires, données expérimentales nécessaires, approche globale,
- Mais quel outil peut faire mieux aujourd'hui
 - Un code CFD ?
 - Qui va modéliser l'échauffement des différents composés en fonction de leurs caractéristiques propres
 - Puis la pyrolyse
 - Puis la réaction de combustion spécifique
 - Et le rayonnement avec la production de suies

En considérant donc cette approche

- On est couvert par la courbe 200 MW
- Sur ce type de feu, c'est la ventilation qui pilote ...
- Et de toute façon, on est au-delà de l'incendie de dimensionnement

Globalement

- La réglementation tunnel doit permettre de gérer le risque d'incendie sur un véhicule NEC

Avec quelques points d'attention

- Le risque d'explosion
 - Mais sans oublier de faire le lien avec l'existant
- Le risque de propagation à d'autres véhicules dans le tunnel
 - Lié au délai de déclenchement des TPRD
- La modification de la probabilité d'incendie
 - Est-ce vraiment un enjeu pour les VL ?
 - Focus sur les PL

Des besoins

- Caractérisation de l'incendie des batteries sans essais et des risques d'inflammation – prise en compte des nouvelles technologies
- Caractérisation des risques liés au TPRD
- Modélisation de la réponse thermodynamique des réservoirs H₂/CNG
- ...



B. TRUCHOT
INERIS
benjamin.truchot@ineris.fr