



Essai feu de batteries Li-ion



7 mars 2024 - EDIS 91

Commandant Franck WALUSINSKI – SDIS 91
Lieutenant Jérôme ALBERT – SDIS 91
Mathieu SUZANNE – Laboratoire Central de la PP

Version du 31 janvier 2025





Avec la participation de



DRIEAT Île-de-France
Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports



Contexte - Objectifs



Contexte

- Le sujet « brûlant » des feux de batteries Li-ion



- Les tâtonnements de tous les pompiers du monde



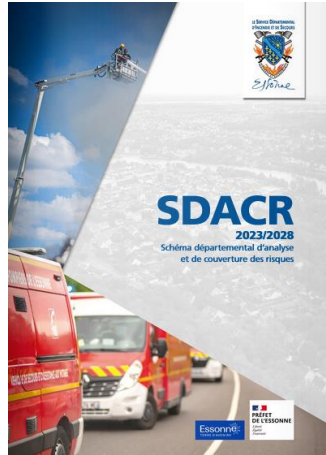
VOITURE ÉLECTRIQUE : 45 000 L D'EAU UTILISÉS LORS DE L'INCENDIE D'UNE TESLA

Écrit Par Frédéric Martin • Le 22 Novembre 2022



Contexte

- Schéma départemental d'analyse et de couverture des risques



« Le développement des véhicules à énergies alternatives génère de nouveaux risques face auxquels les sapeurs-pompiers sont susceptibles d'être en difficulté »

- L'arrivée prochaine d'un bus 100% électrique



8.3 Stockage après un incendie, une immersion dans l'eau ou un accident

Les véhicules ayant des batteries de traction endommagées doivent être garés à l'extérieur avec une distance de sécurité suffisante : un périmètre de plus de 6 mètres autour du véhicule par rapport aux autres véhicules, aux bâtiments et aux matériaux inflammables jusqu'à ce que les batteries endommagées aient été enlevées.



Après un incendie, une surchauffe excessive ou des dommages mécaniques graves, les batteries de traction doivent être observées pendant 48 heures avec une caméra thermique ou infrarouge dans un environnement sûr avec une bonne ventilation. Cela permet de réagir rapidement et de manière appropriée en cas de réaction en chaîne thermique dans des batteries de traction endommagées.

VAN HOOL bus entièrement électrique
Exqui City 24 E
VIN: 66677 + 66900 - 66928

8. Remorquage / transport (suite)

8.3 Stockage après un incendie, une immersion dans l'eau ou un accident

⚠ Les véhicules ayant des batteries de traction endommagées doivent être garés à l'extérieur avec une distance de sécurité suffisante : un périmètre de plus de 6 mètres autour du véhicule par rapport aux autres véhicules, aux bâtiments et aux matériaux inflammables jusqu'à ce que les batteries endommagées aient été enlevées.

IR

Après un incendie, une surchauffe excessive ou des dommages mécaniques graves, les batteries de traction doivent être observées pendant 48 heures avec une caméra thermique ou infrarouge dans un environnement sûr avec une bonne ventilation. Cela permet de réagir rapidement et de manière appropriée en cas de réaction en chaîne thermique dans des batteries de traction endommagées.

Les batteries de traction endommagées sur le véhicule ne peuvent pas être enlevées avant consultation du personnel qualifié.

Évacuez les batteries de traction endommagées le plus rapidement possible. Ne pas les stocker plus longtemps que nécessaire.

En cas de fuite de liquides de refroidissement, vidangez le liquide dans un récipient de stockage selon les procédures du manuel d'entretien :

Un feu de batterie peut durer quelques heures et il faut parfois 24 heures ou plus avant que la batterie ne soit refroidie. Un incendie dans une batterie lithium-ion qui est éteint peut reprendre en raison de la réaction exothermique des matériaux qui constituent les cellules détruites ou endommagées.



⚠ N'entrez sous aucun prétexte la plaque de recouvrement d'une batterie de traction et n'ouvrez pas de force une autre partie de la batterie de traction. Même pas en cas d'incendie! Cette action peut mener à des chocs électriques considérables, à une électrocution ou à des brûlures.

Lorsque vous éteignez un incendie avec de l'eau, des gaz explosifs peuvent contribuer au mélange de gaz inflammable qui se forme en raison de la dépressurisation des cellules, de la combustion du plastique et d'autres matériaux. Il faut donc utiliser de grandes quantités d'eau pour combattre un incendie dans une batterie lithium-ion.

Un feu de batterie peut durer quelques heures et il faut parfois 24 heures ou plus avant que la batterie ne soit refroidie. Un incendie dans une batterie lithium-ion qui est éteint peut reprendre en raison de la réaction exothermique des matériaux qui constituent les cellules détruites ou endommagées.

Informez les services de dépannage qu'il existe un risque d'inflammation (de reprise du feu) des batteries de traction endommagées.

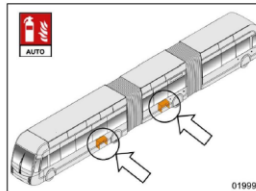
caméra infrarouge pour mesurer activement la température de la batterie de traction.

La batterie de traction ne peut présenter ni feu, ni fumée, détonations/bruit ou échauffement et doit être entièrement refroidie avant que le véhicule puisse être libéré afin de l'évacuer du lieu de l'accident.

Informez les services de dépannage qu'il existe un risque d'inflammation (de reprise du feu) des batteries de traction endommagées.

6.2 Incendie au niveau d'autres matériaux

Le véhicule est équipé d'un système automatique de suppression d'incendie dans les compartiments des moteurs de traction dans la voiture AV et de la voiture médiane.



GUIDE D'INTERVENTION D'URGENCE (EMERGENCY RESPONSE GUIDE)	Numéro ID	Version	Date	Page
	ERG00038	00	2023/1/13	- 21 -

GUIDE D'INTERVENTION D'URGENCE (EMERGENCY RESPONSE GUIDE)	Numéro ID	Version	Date	Page
	ERG00038	00	2023/1/13	- 25 -



No. ID: ERG00038



Contexte

- Un itinéraire exposé à la malveillance



Un bus incendié à Grigny, dans l'Essonne

Le Monde
Publ. Accueil > Actualité > Flash Actu
sept 00, modifié le 24 octobre

Un bus incendié après des échauffourées
A l'issue d'une journée de tensions entre jeunes et policiers, un bus Tice a été calciné mardi soir. Après avoir exercé leur droit de retrait, les chauffeurs reprennent le volant ce matin.

Essonne: un bus incendié et son chauffeur agressé

Par Le Figaro.fr avec AFP
Publié le 15/11/2013 à 11:47 , mis à jour le 15/11/2013 à 12:23

Accueil > Faits divers
Un bus incendié en banlieue parisienne



Mort de Nahel : bus et bâtiments municipaux incendiés, policiers pris pour cible... Récit d'une nuit d'émeutes en Essonne

Essonne, Grigny
Grigny-Viry : un bus incendié dans le quartier de la Grande-Borne



Contexte

- Comment maîtriser un feu de bus électrique ?
 - dans un **environnement dégradé**
 - dans un **délai raisonnable**



Contexte



Recommandation n°5

« **PREPARATION DES TECHNIQUES D'INTERVENTION AVEC LES CONSTRUCTEURS.** Mettre en place, à un niveau européen, un partenariat entre constructeurs et services d'incendie et de secours afin d'anticiper la diffusion des techniques opérationnelles et de **prendre en compte la faisabilité technique des solutions d'extinction** aux capacités des services d'incendie et de secours »

Recommandation n°8

ESSAIS DE CARACTERISATION DES FEUX DE PARCS DE STATIONNEMENT **Réaliser des essais à taille réelle** permettant de mieux apprécier la vitesse de propagation d'un incendie entre des véhicules actuels, aussi bien électriques que thermiques. Reprendre les calculs relatifs à la stabilité des parcs de stationnement métalliques et en bois et installer des dispositifs d'extinction automatique si nécessaire. (CTICM, INERIS, CSTB)

Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD)
Inspection générale de l'administration (IGA)



Objectifs

Anticiper un feu de bus de type TZEN 4

Démarche de prospective opérationnelle

- Peut-on **maîtriser l'emballlement thermique** dans un délai raisonnable ?
- Comparer l'action d'une lance « classique » (LDV) et d'une **lance perforante**
- Quel **délai** pour une extinction complète ?
- Quelles mesures de **toxicité** dans l'air / dans l'eau ?




Dispositif de test



Dispositif de test



Bus Heuliez GX 327 Diesel
mis à disposition par  **transdev**
INVENTONS VOTRE MOBILITÉ



2 batteries **FORSEE** **POWER** Pulse 15
mises à disposition par  **île de France** mobilités

Pulse 15

- Batterie haute puissance
8,5C (127 kW) en pic et 4,5C (63 kW) en continu
- Charge rapide (quelques minutes)
- 635 Volts - 14,6 kWh
- 260 kg/batteries, 11 batteries/bus soit 2 860 kg
- **Technologie LTO: Lithium Titanate Oxyde** « excellente stabilité thermique »
« haut niveau de sécurité »



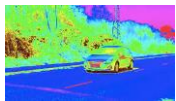
Mesures physiques



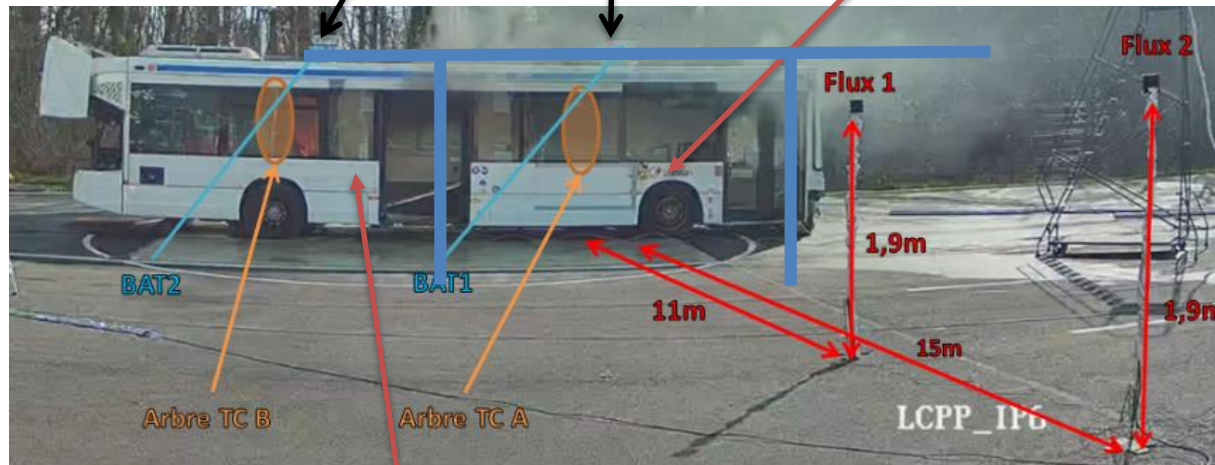
x 10



x 6



x 2



x 2

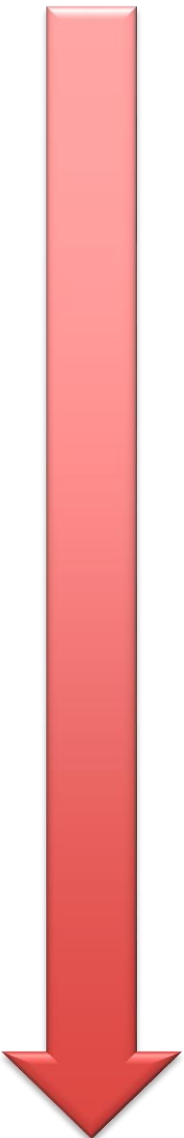


x 6

(F) Fluxmètres INERIS



Chronologie du test

- 
1. Allumage des 2 foyers
 2. Attente du feu généralisé du bus
 3. Emballement thermique des 2 batteries
 - Fumée
 - Etincelles
 - Flammes par événement
 - Projection de particules
 4. Attaque du feu de bus (2 lances)
 5. Attaque du feu de batterie
 6. Contrôle Air / Eau
 7. Refroidissement
 8. Surveillance



Lance perforante



Lance COBRA mise à disposition par les sapeurs-pompiers de Lausanne



Lance COOLFIRE mise à disposition par SEMMARIS, service sécurité du MIN de Rungis



Déroulement du test



Déroulement du test

07-03-2024 11:13:00



Phase de surveillance



Température des batteries:

T + 7h = 31°C (AV) et 25°C (AR)

T + 12h = 7°C

T + 18h = 9°C

T + 24h = 12°C

T + 48h = 10°C

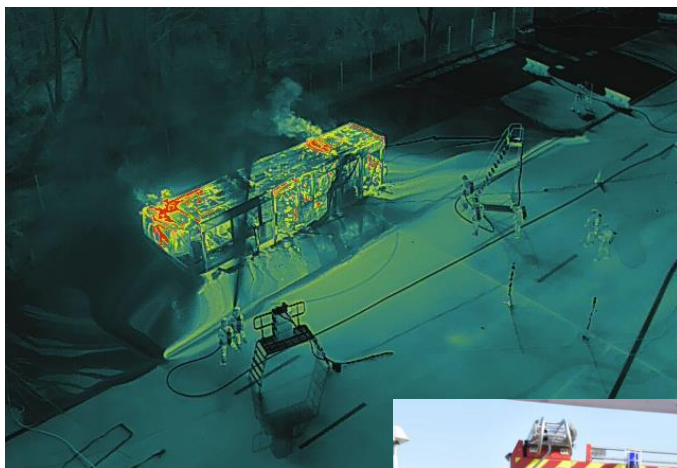
T + 72h = 11°C

} Température ambiante

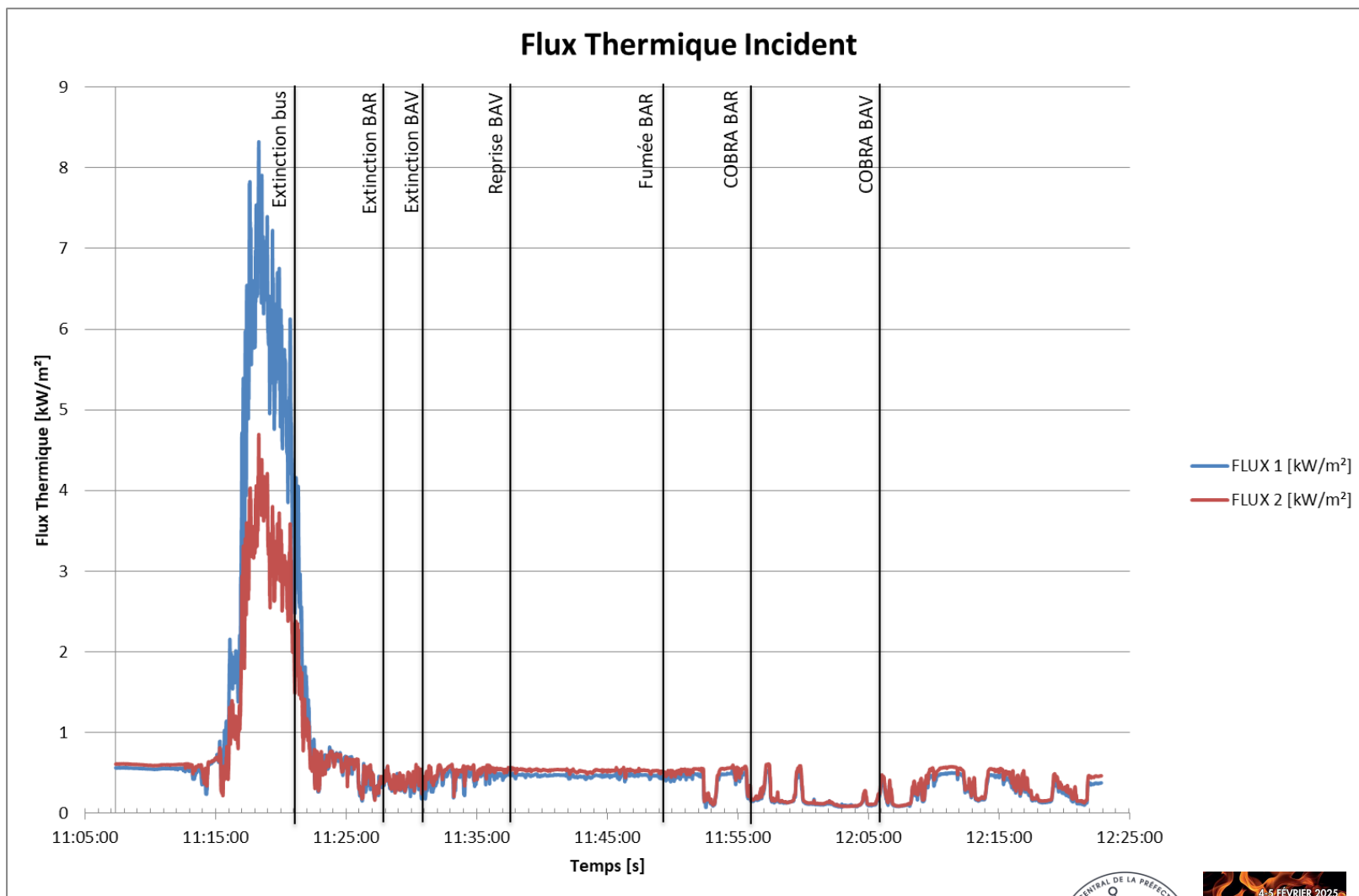
Aucune remontée en température
Aucune reprise de feu



Résultats

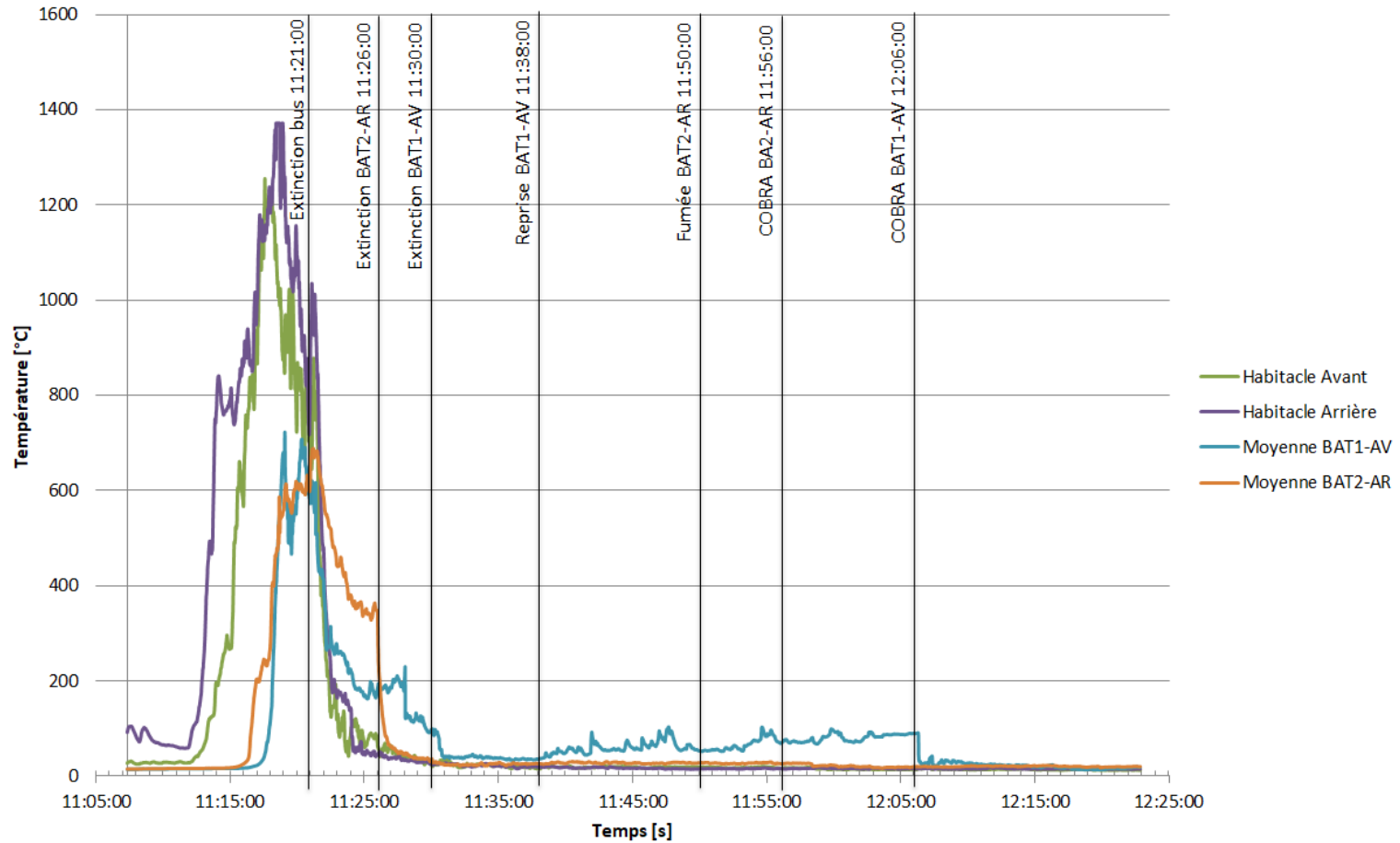


Résultats des mesures de flux



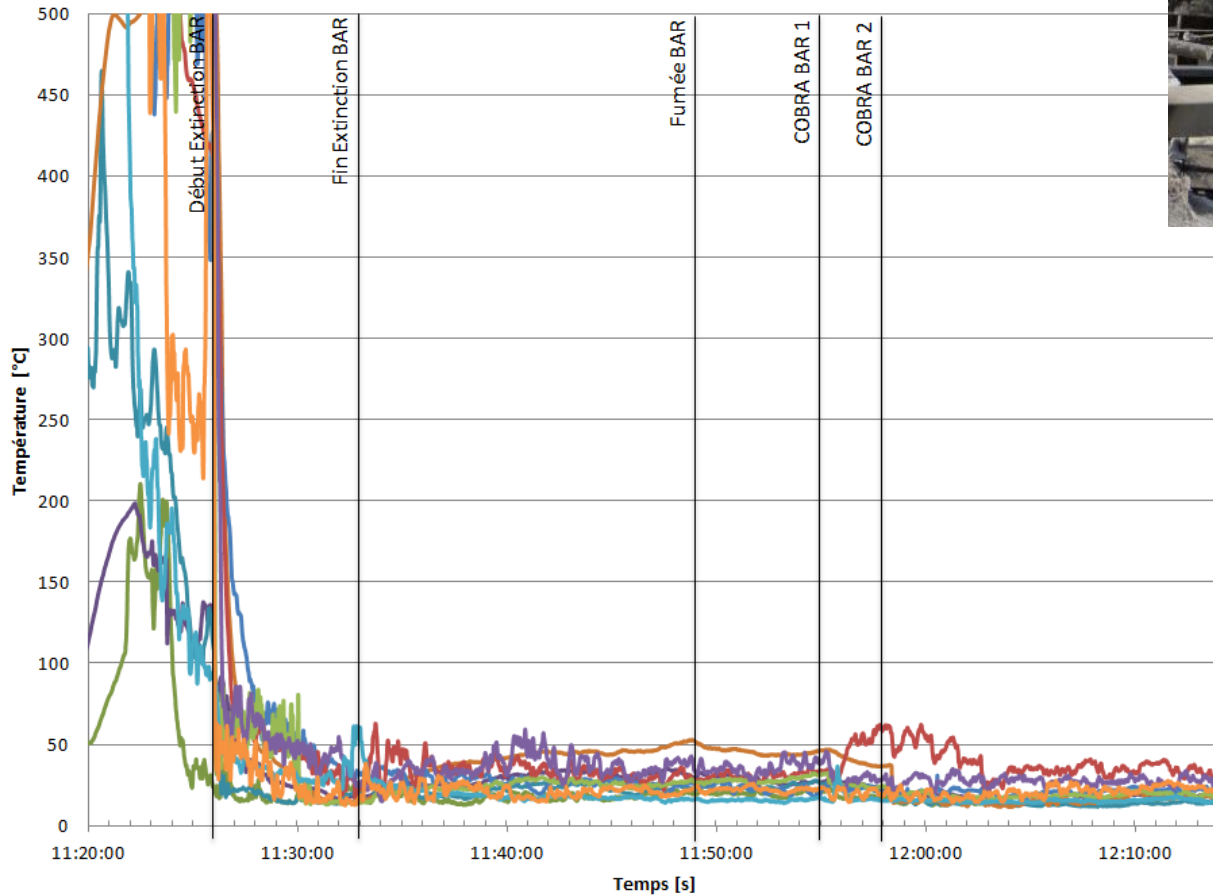
Résultats des mesures de température

Températures moyennes Habitable et Batteries



Résultats des mesures de température

Batterie arrière



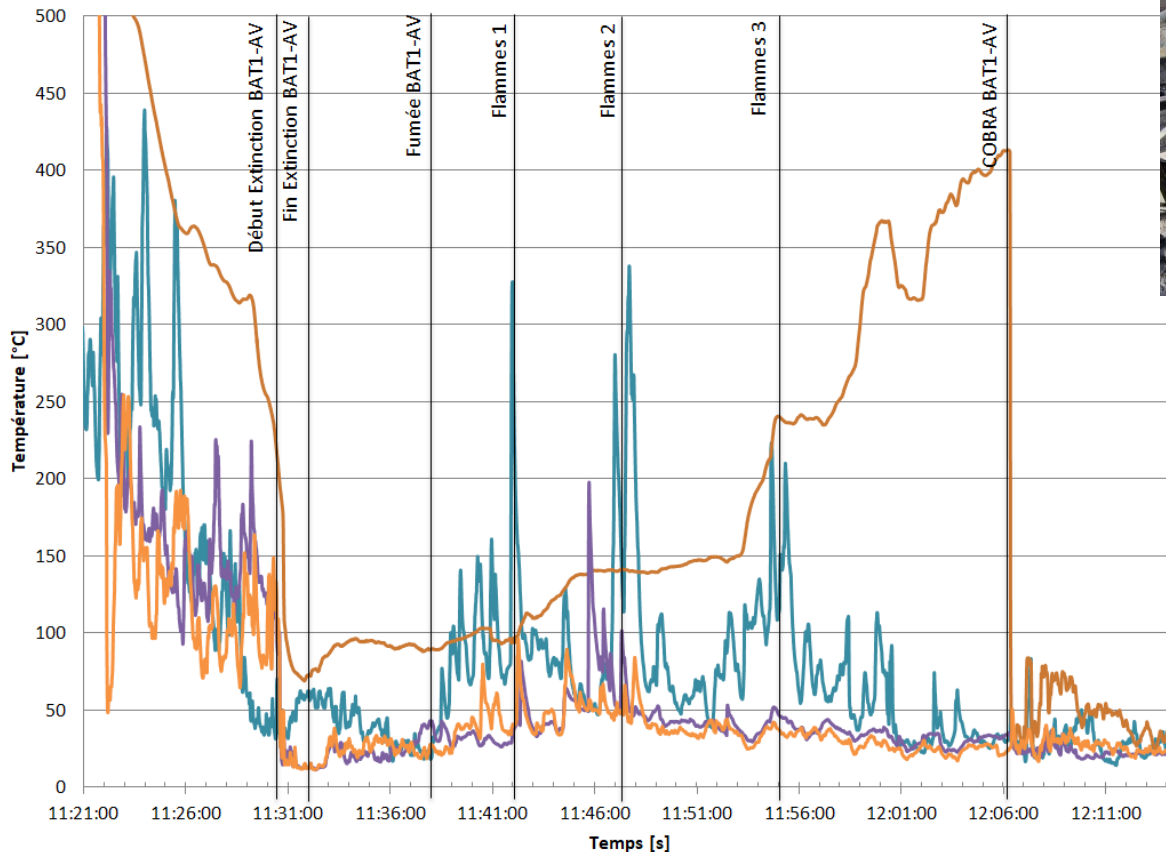
- BAT2-TC1 [°C]
- BAT2-TC2 [°C]
- BAT2-TC3 [°C]
- BAT2-TC4 [°C]
- BAT2-TC5 [°C]
- BAT2-TC6 [°C]
- BAT2-TC7 [°C]
- BAT2-TC8 [°C]
- BAT2-TC9 [°C]
- BAT2-TC10 [°C]



Résultats des mesures de température

Batterie avant

Températures Batterie Avant en phase d'extinction



- BAT1-TC3 [°C]
- BAT1-TC4 [°C]
- BAT1-TC8 [°C]
- BAT1-TC9 [°C]
- BAT1-TC10 [°C]



Observations



Observations

1. Un développement du feu qui impacte très rapidement les batteries

- La température de **1000°C** sur le pack batterie arrière est atteinte en quelques minutes
- Les premiers signes d'**emballement thermique** sont observés à t+5'
- Simultanément apparaissent les signes de fonte du casing (enveloppe des batteries): **projections d'aluminium** à T+5'

2. Un casing aluminium qui facilite l'action des sapeurs-pompiers

- **Fusion rapide** (point de fusion à 660°C)
- Favorise l'embrassement des batteries, **les cellules ne sont plus confinées**
- Les cellules sont **atteintes facilement** par les jets de lance

3. Une technologie peu réactive des batteries Lithium Titanium Oxyde (LTO)

- L'intensité des effets observés est modérée
- **Extinction rapide**
- **Pas de reprise**



Observations

3. Des lances traditionnelles efficaces

- Foyers accessibles aux jets de lance depuis le sol
- L'eau est un agent extingueur efficace
- Extinction rapide
- Refroidissement assez rapide
- Pas de reprise de feu

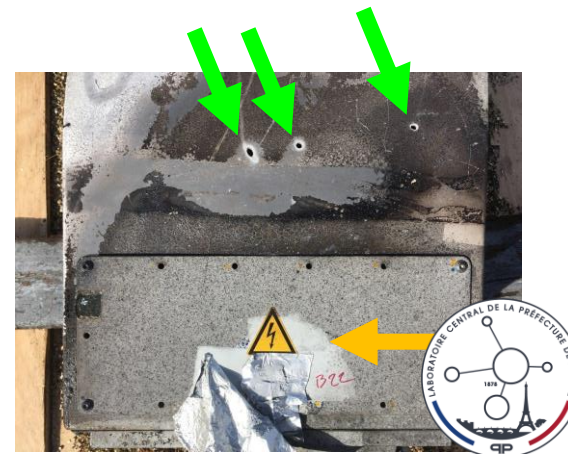


4. La lance perforante efficace

- Percement quasi instantané du casing
- Efficacité du refroidissement (400°C à 40°C en 3 secondes)

Mais à l'usage contesté

- Risque de contact indirect du SP avec un élément de la batterie sous tension



Observations

5. Des risques induits

- Projections d'aluminium à 7/8 mètres autour du bus
- Risque électrique après fonte du casing: risque de contact direct/indirect avec des éléments sous tension
- Toxicité des fumées
- Pollution des eaux d'extinction



Conclusions



Conclusions

Dans ce scénario :

Un feu de bus TZEN4 est **comparable à un feu de bus classique**

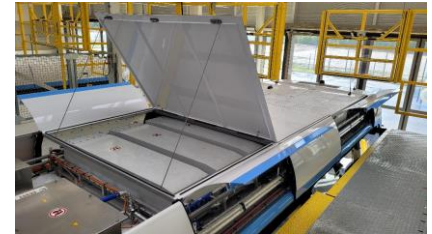
- L'emballement thermique est **maîtrisé en quelques minutes**
- L'extinction complète est réalisée en moins d'1 heure
- **Aucune remontée en température des batteries à postériori**



Conclusions

De l'essai à la réalité: une extrapolation à manier avec prudence

- TZEN = **11 batteries** qui ne réagiront pas de manière identique
 - Possibilité d'avoir une batterie soumise au rayonnement sans dégradation de casing
- **Scénario d'emballage thermique accidentel** différent du scénario incendie par malveillance
 - La montée en température vient de la batterie elle-même et non d'un foyer extérieur
- Evaluer l'impact du « **coffrage** » de protection des batteries sur le TZEN



Ce test est très spécifique par la technologie de batteries (LTO) et le scénario expérimenté. Les conclusions ne peuvent être étendues à d'autres technologies de batteries Li-ion.



Remerciements



Remerciements

Mise à disposition du bus

TRANSDEV
Abdallah SAÏD, Bastien MASSON

Mise à disposition des batteries

Ile de France Mobilités
Benjamin CROZE, Chloé NOTTER

Mise à disposition des lances perforantes

SEMMARIS service sécurité du MIN de Rungis: Dominique ROHR
Etablissement Cantonal D'assurance (ECA) / Sapeurs-Pompiers de Lausanne: Major Jonathan GOMBERT

Instrumentation - analyses

Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCP) : Aurélien THIRY, Guénaël THIAULT, Mathieu SUZANNE, Nicolas DREUILLE, Sylvie DUPONT, Sandra KAUV, Aurélien LEROY, David LUBIN, Quentin REGNAULT, Chrystelle TIAKOULOU, Adissa TRAORE
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS): Jérôme LESAGE

Présentations

Les projets TZEN4 / TZEN5 : Chloé NOTTER, Ile de France Mobilités
PULSE 15 abused test: Emmanuel TRON, David NOUVELET, FORSEE POWER
Emissions libérées par un feu de bus électrique à batteries Lithium-ion: Jérôme LESAGE, INERIS
RETEX lance COBRA: Major Jonathan GOMBERT, ECA / SP Lausanne (Canton de Vaud, Suisse)
Sécurisation des batteries Lithium via l'Euro NCAP: Lcl Michel GENTILLEAU, CTIF
Incendie des bus parisiens en 2022: Alain RIVIERE, BEA-TT
Feux de batteries Lithium en milieu industriel: Lcl Christophe GALFRE, BEA-RI

Apports techniques – Groupement constructeur du TZEN 4

VAN HOOL: Toon LENAERTS
KIEPE ELECTRIQ: Abdul WAHEED
FORSEE POWER: Emmanuel TRON, David NOUVELET

Groupe Technique et pédagogique Zonal Interventions d'Urgence sur Véhicules

Cdt Gilles DEVANTOY, SDIS 95 – référent zonal adjoint



Remerciements

Manœuvre incendie

Lieutenant Jérôme ALBERT, Capitaine Erwan ROUAULT
Adjudant-chef Stéphane FORGET - CIS ETAMPES, Sergent-chef Cédric GATEAU - CIS MASSY,
Sergent-chef Gilles KOLEBA - CIS ETAMPES, Sergent Cédric LLINARES - CIS CORBEIL,
Caporal Florian MICHEL - CIS SGDB, Adjudant-chef Christophe POT - CIS WISSOUS / GFOR,
Sergent-chef Olivier REY - CIS SAVIGNY, Sergent-chef Kevin VARENNE - CIS VIRY-CHATILLON,
Sergent-chef Aurélien DA COSTA, Sapeur Thomas LEMAIRE CIS MILLY-LA-FORÊT,
Major Jonathan GOMBERT, Inspecteur régional défense incendie et secours (ECA),
Premier-Lieutenant Eric SIMECEK, Adjudant-chef Patrick EICHELBERGER - Sapeurs-pompiers de Lausanne
Mr VENOT Jean-Sébastien, Mr GODIN Anthony, Monsieur CHARDON Maxime - MIN de Rungis

Prélèvements air/eau – Décontamination des manœuvrants

Capitaine Landry JOYEAU – Lieutenant Stephan GOUGEON
Capitaine Franck HERRADOR - Lieutenant Sylvain GAYRARD – Sergent Christophe ESTRADE
Lieutenant Vadim CONTANSIN - Adjudant Thierry DELALANDE - Adjudant-Chef Franck DENIEL
Adjudant-Chef Conrad DUPERCHE - Caporal Nicolas PARISSÉ - Caporal Stacy SERRAO DO ESPIRITO SANTO
Caporal Joël FIGUEIREDO - Caporal-Chef Jean-Marc LAMOUILLE - Caporal Wilfried LOZAC'H
Caporal Gabin MOREAU - Sergent William PRETTO - Caporal Jérémie ROULEAU

Soutien sanitaire opérationnel

Médecin Colonel Nicolas CHOSSAT – Médecin Lieutenant-colonel Kenneth EKPE
Cadre supérieur de santé Frédéric BONNET – Cadre de santé Vincent LEBRETON

Photos – Vidéos

Adrien QUENTRIC, Juliette RICHARD, Anaëlle SOUBIRANT – Service communication
Guillaume CHAGOT, Sergent-chef Sébastien MARCHAND – Groupe Reconnaissance et Intervention par Drone

Logistique : Groupement Formation – Groupement Technique

Organisation : Commandant Franck WALUSINSKI - Lieutenant Jérôme ALBERT





Commandant Franck WALUSINSKI
franck.walusinski@sdis91.fr
prevision@sdis91.fr
01 78 05 46 50
06 76 15 51 54

Lieutenant Jérôme ALBERT
jerome.albert@sdis91.fr
gto-sr@sdis91.fr
01 69 46 89 20
06 84 19 55 04

Mathieu SUZANNE
mathieu.suzanne@interieur.gouv.fr
01 55 76 23 60
06 71 92 76 50