

# Feux de batteries lithium-ion : Enjeux opérationnels et stratégie de maîtrise du risque

---

— Avril 2026

## Sommaire

- 1. Introduction : un feu de 4e génération
- 2. Phénoménologie du feu de batterie Li-ion
- 3. Nouveaux enjeux opérationnels pour les services de secours
- 4. Essais feu : protocoles et résultats INERIS / LCPP / SDIS 13/77
- 5. Données statistiques, études de cas et RETEX 2020-2025
- 6. Vers une classe de feu "L" lithium-ion : Proposition PNRS
- 7. Focus stratégiques par domaine à risque
- 8. Conclusion : de la réaction subie à la maîtrise doctrinale
- 9. Bibliographie
- 10. Annexes opérationnelles

## 1. Introduction : un feu de 4e génération

Les batteries lithium-ion équipent aujourd'hui massivement véhicules, EDPM, outillages, vélos, trottinettes et stockages stationnaires. Leur densité énergétique crée un risque incendie de nouvelle nature : emballement thermique, gaz toxiques HF, projections, ré-inflammation jusqu'à H+72.

Depuis 2020, services de secours, industriels et assureurs font face à une cinétique qui remet en cause les doctrines classiques du feu. La PNRS et plusieurs SDIS travaillent sur la création d'une classe de feu dédiée "L" pour le lithium-ion.

**Postulat stratégique :** on n'éteint pas un feu de lithium. On maîtrise l'emballement thermique et on empêche la propagation. La réponse n'est plus uniquement capacitaire mais doctrinale. L'objectif : passer d'une posture subie à une maîtrise du risque comme avantage concurrentiel.

## 2. Phénoménologie du feu de batterie Li-ion

Paramètre	Caractéristiques opérationnelles
Déclenchement	Choc mécanique, surcharge, défaut de fabrication, court-circuit, vieillissement. Départ souvent sans flamme visible. Tout véhicule post-2015 est suspect
Emballement thermique	Réaction en chaîne cellule à cellule. Températures >800°C. Pic de puissance en 2 à 5 min
Gaz émis	HF très toxique, CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , hydrocarbures, particules Co/Ni/Mn. Risque ATEX + toxique. IDLH atteint en 20s dans 1000m <sup>3</sup> sans ventilation
Comportement	Projections d'électrolyte enflammé, jets de flammes directionnels, explosion de modules, ré-inflammation jusqu'à H+72. Débris projetés jusqu'à 15m à 350°C
Extinction	Pas d'extinction chimique du processus interne. Objectif : refroidissement à cœur <50°C et confinement

**Enjeu clé :** L'eau éteint la flamme mais ne stoppe pas la réaction interne. Besoin de refroidissement massif ou d'agents dédiés.

### 3. Nouveaux enjeux opérationnels pour les services de secours

#### 3.1 Doctrine d'engagement : la règle des 3R

Étape	Actions	Points critiques
1. Reconnaître	Fumée blanche dense, odeur éthérée, crépitements, sifflement. Marquage VE/VHR. Caméra thermique.	Si T°C >150°C : emballement en cours. Ne jamais ouvrir un pack. Périmètre 50 à 100m
2. Refroidir	Grand débit ou rien. Mini 1000 L/min, objectif >2000 L/min sous châssis. Durée 45 min mini	À proscrire : mousse, CO <sub>2</sub> , poudre. Accepter de contenir, pas d'éteindre
3. Retirer	Extraire vers zone quarantaine extérieure 10m quand pack <80°C	Caisson immersion 72h ou surveillance H+72. Risque de reprise

EPI adapté : ARI systématique même en extérieur. Gants isolants + écran facial. Risque HF sur eaux de ruissellement.

#### 3.2 Moyens d'extinction : synthèse des travaux récents PNRS/SDIS

Méthode	Efficacité	Limites opérationnelles
Eau grande quantité	Référence actuelle. Refroidissement cellules. 3000 à 11000 L pour un VE	Eaux polluées HF pH 2. Durée >1h. Ré-inflammation possible. 10 000 L = baisse de 200°C seulement
Immersion	Bac ou container rempli. Stabilise en 24-48h	Logistique lourde. Transport du véhicule. Volume d'eau 10-15 m <sup>3</sup>
Agents encapsulants	AVD, F-500 : créent un film, captent HF	Coût, dotation limitée, efficacité variable selon packaging
Couvertures anti-feu	Confinement fumées et flammes	N'éteint pas. Risque d'accumulation de gaz sous la couverture
CO <sub>2</sub> / Poudre	Inefficace sur emballement	Refoulement des flammes uniquement, reprise immédiate

Tendance PNRS/SDIS : eau + confinement + surveillance thermique longue. Pas d'agent miracle identifié à ce jour.

### 3.3 Gestion post-intervention

- Surveillance : caméra thermique pendant 24-72h. Risque de reprise même après immersion. 2 reprises possibles à H+18 et H+36.
- Stockage : zone de quarantaine extérieure, loin des bâtiments. Véhicules accidentés placés en conteneur dédié.
- Décontamination : eaux d'extinction = déchets dangereux 30 à 60m<sup>3</sup>. Ne pas rejeter. Rinçage des tenues obligatoire. Tenues EPI jetables.

## 4. Essais feu : protocoles et résultats INERIS / LCPP / SDIS 13/77

### 4.1 Résultats par échelle

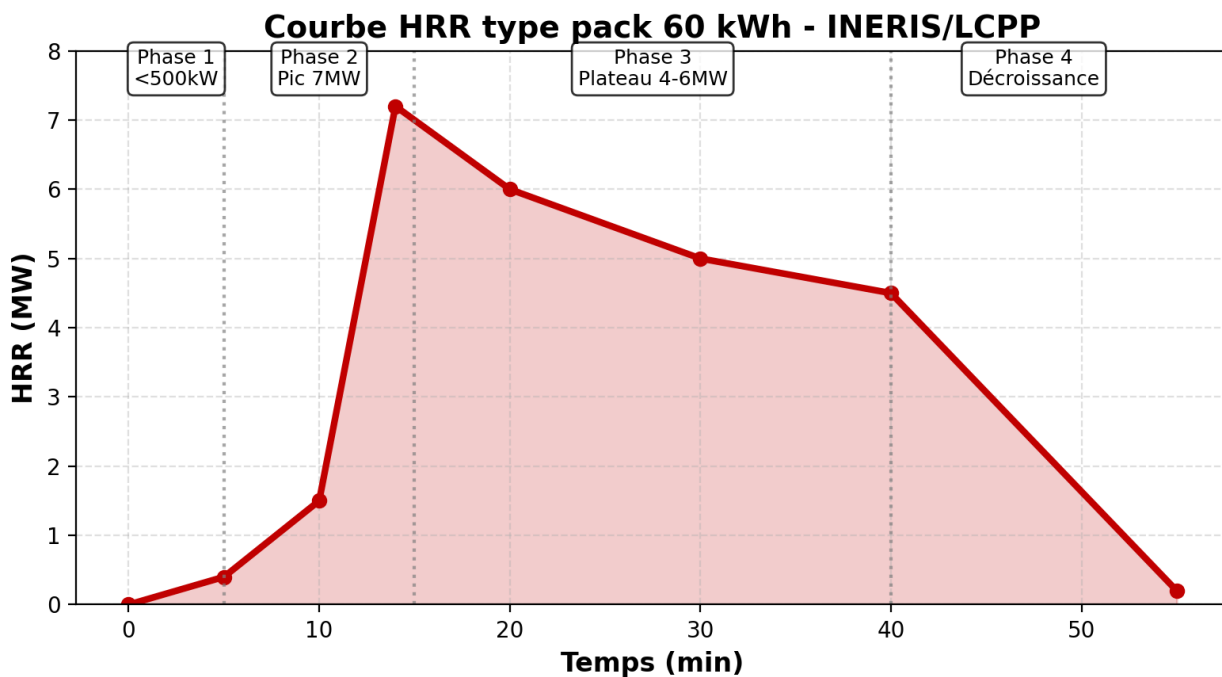
1. Cellule unitaire : inflammation vers 150-200°C. Jet de flamme 1-2 m.
2. Module 5-10 kWh : propagation en 3-8 min à tout le module. Température de peau >600°C.
3. Pack véhicule 60 kWh : 15-25 min pour embrasement généralisé. Pic HRR mesuré 6-8 MW, équivalent à 2-3 VL feu. Durée totale 55 min.

### 4.2 Protocole type "Pack véhicule 60kWh" INERIS

1. Initiation : surchauffe d'une cellule par résistance 500W jusqu'à emballement. Scénario réaliste sans perçage.
2. Instrumentation : 40 thermocouples, analyseurs FTIR pour HF/HCl/CO, pesée en continu, cône calorimètre 10MW.
3. Mesures clés :
  - T déclenchement : 135°C cellule, 90s après emballement cellule n+1
  - Pic HRR : 7,2 MW à T+14min
  - HF total émis : 12 kg pour 60kWh

## 4. Essais feu : protocoles et résultats INERIS / LCPP / SDIS 13/77

### 4.3 Schéma 1 : Courbe HRR type pack 60 kWh



Phase 1 : 0-5min : Croissance lente, fumée blanche. HRR <500kW

Phase 2 : 5-15min : Croissance exponentielle. Jet de flammes. Pic 7MW

Phase 3 : 15-40min : Plateau 4-6MW. Embrasement généralisé

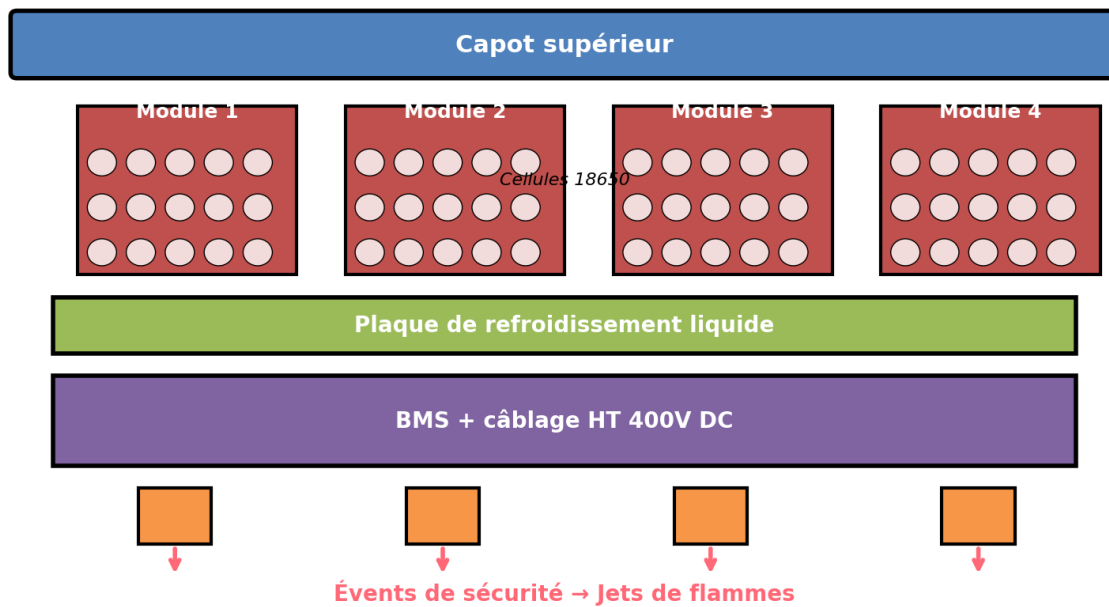
Phase 4 : 40min+ : Décroissance. Risque reprise si refroidissement stoppé

**Enseignements :** Le packaging et le BMS retardent mais n'empêchent pas la propagation. L'eau en brouillard pénètre mieux les packs. Percer le pack est dangereux : arc électrique >400V DC. Privilégier le noyage par les événements constructeur.

#### 4.4 Schéma 2 : Coupe d'un pack batterie Li-ion

Conclusion essais : un VE = 5 à 8 VL thermiques en termes d'énergie. La toxicité et la durée changent la donne.

#### Coupe schématique d'un pack batterie Li-ion



## 5. Données statistiques, études de cas et RETEX 2020-2025

### 5.1 Statistiques France/Europe

<b>Secteur</b>	<b>Tendance</b>	<b>Facteurs identifiés</b>
VE/VHR	1 feu / 10 000 VE.an vs 1/1300 pour VT. Mais cinétique plus sévère	Accidents VP, charge en sous-sol
EDPM	+300% interventions SDIS depuis 2021	Charge nocturne domicile, batteries non certifiées
Stockage/Recyclage	Plusieurs feux majeurs/an en centres de tri	Défaut de tri, broyage de batteries
Industrie	Risque majeur entrepôts logistiques	Stockage masse, propagation horizontale rapide

## 5.2 RETEX détaillés et enseignements opérationnels

RETEX 1 : Feu de VHR en parking souterrain niveau -2, Lyon, mars 2023

Phase	Déroulement	Problèmes rencontrés	Enseignements
T0 à T+5min	Départ feu sous véhicule en charge. Fumée blanche dense	Pas d'identification immédiate Li-ion par l'appelant	Former les exploitants IRVE à la détection
T+8min	Engagement FPT. Reco ARI. Crépitements + jets flamme sous châssis	Accès difficile, chaleur >400°C à 5m. Sprinklers inefficaces	Sprinklers ne percent pas les packs. Il faut 500 L/min mini
T+20min	Propagation à 4 VL adjacents. Visibilité nulle	Extraction impossible. Pas de point d'eau grand débit	Prévoir colonne sèche 100mm + raccords pompiers dans PS >500m <sup>2</sup>
T+1h à T+8h	Noyage continu 6 lances. Caméra thermique : points à 600°C	45 000 L d'eau utilisés. Eaux pH 2 : présence HF	Obligation de rétention + neutralisation
H+12 à H+72	Surveillance. 2 reprises à H+18 et H+36	Véhicule ne peut être déplacé. Parking immobilisé 5 jours	Zone quarantaine extérieure obligatoire

### Enseignements majeurs PS :

1. Doctrine "Laisser brûler sous contrôle" validée en PS si extraction impossible. Privilégier protection des structures.
2. Besoin de herse de noyage : injecter l'eau sous le véhicule sans exposition.
3. Modification CCH : imposer compartimentage 1h tous les 3000m<sup>2</sup> + détection thermique.

RETEX 2 : Feu de stockage tampon recyclage, Bouches-du-Rhône 2024

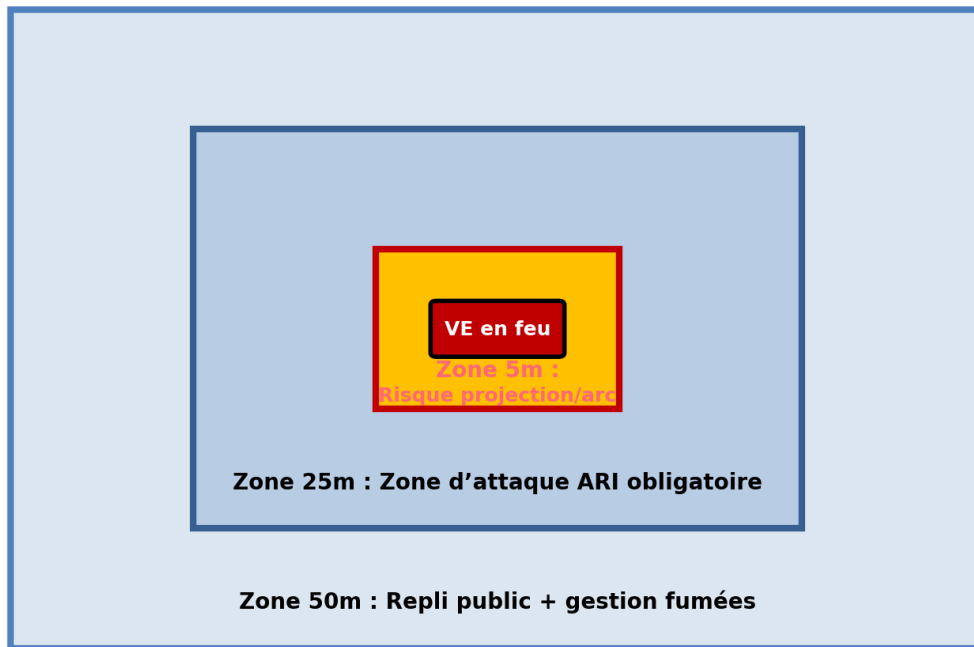
- Cause : batterie de trottinette dans benne DIB. Broyage = court-circuit.
- Cinétique : T0 explosion, T+3min 200m<sup>2</sup>, T+15min 5000m<sup>2</sup>. Propagation par projection de cellules.
- Moyens : 120 SP, 8h d'intervention, 2 km de tuyaux.
- Enseignement : les centres de tri sont les nouveaux "dépôts pétroliers". Obligation de murs REI 120, détection IA sur tapis, bacs d'immersion à poste.

RETEX 3 : Intervention EDPM dans appartement R+4, Paris 2025

- Victimes : 2 intoxiqués HF graves. Appartement 30m<sup>2</sup>.
- Problème : charge nocturne dans salon, pas de détecteur. Batterie reconditionnée non certifiée.
- Enseignement : risque grand public sous-estimé. Campagne prévention + interdiction charge nocturne sans surveillance.

### 5.3 Schéma 3 : Périmètre de sécurité en parking souterrain

#### Périmètre de sécurité PS niveau -2 Doctrines RETEX Lyon 2023



*Prévoir colonne sèche 100mm et extraction >10 vol/h*

### 5.4 RETEX opérationnels partagés PNRS

- Engager tard = subir : la fenêtre d'action est <5 min après premières fumées.
- Communiquer : identifier et remonter immédiatement "suspicion Li-ion" au CODIS pour adapter la réponse.
- Former : les agents connaissent mal le risque HF et le danger électrique résiduel.

## 6. Vers une classe de feu "L" lithium-ion : Proposition PNRS

### Pourquoi créer la classe L ?

Les classes A-B-C-D-F ne couvrent pas le phénomène : ce n'est ni un solide A, ni un liquide B, ni un métal D pur. Le lithium-ion est un générateur d'énergie qui s'auto-alimente.

**Définition proposée classe L :** "Feux impliquant des dispositifs de stockage d'énergie électrochimique lithium-ion, caractérisés par un emballage thermique, dégagement de gaz toxiques et risque de réinflammation."

### Conséquences doctrine :

1. Pictogramme dédié sur extincteurs et signalétique
2. Agents spécifiques : solutions aqueuses à additifs encapsulants, priorité au refroidissement
3. Formation obligatoire : module classe L pour ESI, SSIAP, SP
4. Réglementation ICPE : revoir distances, détection, rétention pour stockages >50 kWh

La classe L n'est pas encore normalisée EN2 mais portée par la France au CEN. Objectif 2027.

## 7. Focus stratégiques par domaine à risque

### 7.1 Parkings souterrains et VE

Risque spécifique : confinement fumées, évacuation complexe, effet four, proximité autres véhicules. 1 VE = 6 à 8 véhicules détruits.

Recommandations : Sprinklage ESFR + détection thermographique par place. "Zones sacrificiables" IRVE près des issues avec coupure déportée. Interdire charge en R-2/R-3 sans extraction >10 vol/h.

Opportunité : Certification "Parking Lithium-Safe" = valorisation immobilière.

### Annexe A : Chiffrage coût complet sinistre VE en sous-sol

Hypothèse : Parking R-2, 200 places, Tesla Model Y prend feu à 3h.

Poste	Non équipé	Équipé Lithium-Safe
Dommages véhicules	1 850 000 € : 1 VE + 6 VE + 12 VL	420 000 € : 1 VE + 2 VL adjacents
Dommages bâtiment	2 400 000 € : Structure béton écaillée	350 000 € : Noircissement localisé
Pertes exploitation	780 000 € : Fermeture 6 mois	90 000 € : Fermeture 3 semaines
Expertise/déconta	420 000 € : 500m <sup>3</sup> eaux HF	95 000 € : 80m <sup>3</sup> d'eau
RC/Mise en cause	600 000 €	0 €
Surprime/Bonus	+250 000 € sur 5 ans	-50 000 € sur 5 ans
Total	6 300 000 €	905 000 €

Économie : 5 395 000 €. ROI prévention x21 à x35.

### 7.2 Doctrine opérationnelle SDIS : Schéma décisionnel VL en sous-sol

- Fumée sans flamme : Reco ARI, lance 500L/min. Repli si T°C >300°C.
- Flamme visible : Eau 1000L/min mini. Pas de mousse. 2 FPT + surpression.
- Embrasement généralisé : Non engagement. Défense des propagations. Let it burn under control.

## Annexe B : Fiches réflexes SDIS format 4 pages

P1 RECONNAÎTRE : Fumée blanche, sifflement, odeur âcre → Périmètre 50m, ARI + caméra thermique. Si T°C >150°C : emballement. Ne jamais ouvrir un pack

P2 REFROIDIR : Grand débit ou rien. Débit mini 1000 L/min sous châssis. Durée : 45min mini. À proscrire : mousse, CO<sub>2</sub>, poudre

P3 RETIRER : Quand flammes éteintes et pack <80°C. Chariot élévateur vers zone quarantaine extérieure à 10m. Immersion 72h ou surveillance

P4 SÉCURISER : ARI obligatoire, détection HF, décontamination tenues. Eaux 30 à 60m<sup>3</sup> = déchet dangereux. Message CODIS type

## 7.3 Entrepôt logistique : stratégie Lithium-Safe

Scénario majorant : palette 500kg cellules 18650, propagation à l'îlot puis à la cellule.

Doctrine AMDEC : L'objectif n'est plus d'éteindre l'entrepôt, mais de sauver les cellules adjacentes.

## Annexe D : Plan de masse entrepôt 10 000m<sup>2</sup> Lithium-Safe

Postulat : 2000 tonnes de batteries, 10 000 kWh. Objectif : sinistre max = 1 îlot.

- Îlotage : 20 îlots de 100m<sup>2</sup>, 500 kWh max/îlot. Sinistre max 250k€
- Compartimentage : Murs REI 120 entre îlots. Allées 4m
- Détection : Thermographie IR + détection H<sub>2</sub>/COV par îlot
- Extinction : Sprinklage ESFR K360 + canon eau téléopéré >3000L/min sur îlot
- Surcoût : +18% = +1,8M€. Gain prime -40% = -60k€/an. Perte max 20M€ → 250k€. ROI : Louable +25%/m<sup>2</sup>. Amorti 6 ans

#### 7.4 Modèle économique : startup d'extincteurs lithium

Proposition de valeur : vendre un "Contrat de tranquillité lithium" : équipement + formation + maintenance + garantie post-sinistre.

Marché : TAM 540M€, SAM 180M€, SOM 3,6M€ à 3 ans.

Gamme : Lithio-One 9L 890€, Lithio-Pro 50L 4900€, Lithio-Safe Caisson 12k€ + abo 120€/mois.

FCS : 1. Certification CNPP/EN 3-7. 2. Preuves vidéo UTAC. 3. Vendre du service, pas un extincteur.

#### Annexe C : P&L prévisionnel Lithio-Safe à 3 ans

En k€	A1	A2	A3
CA	450	1800	4200
Dont Services	70	360	1050
Marge brute	54%	52%	55%
EBITDA	-297	56	780
Résultat net	-310	20	580
Trésorerie	190	210	850

Analyse : Intensité capitalistique A1 pour certif. Point mort S2 A2 à 240 clients. Récurrence 25% du CA en A3.

## 8. Conclusion : de la réaction subie à la maîtrise doctrinale

Le feu de batterie lithium est un feu de 4e génération : énergétique, toxique, réinflammable. Il change la nature de l'intervention et impose un changement de paradigme.

### Les 4 axes pour les services et industriels :

1. Anticiper : cartographier les sites à risque : parkings souterrains, IRVE, stockages, recycleurs.
2. S'équiper : lances grande puissance, caissons d'immersion mobiles, caméras thermiques, tenues décontaminables.
3. Former : reconnaître, se protéger, refroidir, surveiller. Intégrer le risque HF et électrique.
4. Coordonner : avec constructeurs pour accès aux fiches secours, avec gestionnaires pour eaux d'extinction.

**Thèse générale** : le risque lithium n'est pas une fatalité technique mais un enjeu de doctrine et d'investissement. Pour l'assureur, la prévention paie x20. Pour le SDIS, la doctrine sauve des vies. Pour l'industriel, la norme Lithium-Safe devient un actif. Pour la startup, le marché est une création de norme.

**Le lithium-ion nous oblige à passer d'une logique d'extinction à une logique de gestion de crise énergétique. La classe L symbolise ce changement. La stratégie n'est plus de subir le feu, mais de rendre la maîtrise de l'emballement.**

## 9. Bibliographie

- PNRS : Notes opérationnelles Feu de batteries Li-ion 2023-2025
- INERIS : Rapport d'essais comportement au feu des batteries Li-ion, 2022
- LCPP : Synthèse essais feux de véhicules électriques, 2024
- GESTES : Groupe d'étude sur la sécurité des technologies énergétiques et systèmes
- SDIS 13, 77, 69 : RETEX partagés 2023-2025