



GUIDE OPERATIONNEL

INTERVENTIONS D'URGENCE SUR VEHICULES ELECTRIQUES



Etat des lieux - recommandations - perspectives

Michel GENTILLEAU (France)

Lieutenant-colonel de sapeurs-pompiers (ER)

Vice-président de la commission « extrication and new technologies » du CTIF

Représentant du CTIF à l'Euro-NCAP (European New Car Assessment Programme)

SOMMAIRE

➤	Préambule	page 5
➤	Rappels sur les véhicules électriques	page 6
➤	Un outil d'aide à la décision à disposition des SP : la FAD	page 8
➤	Secours routiers : la prise en compte du risque électrique	page 11
	<ul style="list-style-type: none">- Les équipements de sécurité à disposition des secours- Les consignes des constructeurs automobiles- Intégration d'une phase de « sécurisation du véhicule » au regard de l'énergie- Les perspectives pour les services de secours<ul style="list-style-type: none">• <i>Appel des secours : vers une information opérationnelle optimale</i>• <i>FAD : des documents plus compréhensibles</i>• <i>Isolement des dangers : vers des protocoles d'isolement des énergies simplifiés</i>• <i>Hayon arrière et coffre à bagage : ouverture simplifiée en situation post-crash</i>	
➤	Feux de véhicules : la prise en compte de l'emballement thermique des batteries	page 21
	<ul style="list-style-type: none">- Quelques données sur l'emballement thermique- Les éléments opérationnels liés à l'emballement thermique- Les équipements de sécurité à disposition des secours- Les consignes des constructeurs automobiles- Les principales techniques développées à travers le monde- La prise en compte de l'emballement thermique avec les moyens traditionnels des SP- Les perspectives pour les services de secours<ul style="list-style-type: none">• <i>Emballement thermique : vers une meilleure stabilité de la batterie et une alarme post-crash</i>• <i>Emballement thermique : vers une alarme dans tous les contextes</i>	

Le mot du président du CTIF

Au cours de la dernière décennie, les véhicules électriques sont passés du statut de nouveauté technologique à celui d'élément quotidien du paysage des transports. Ils présentent des avantages importants (réduction des émissions, fonctionnement plus silencieux, plus grande efficacité), mais posent également de nouveaux défis sur le plan opérationnel et de la sécurité. L'un des plus exigeants d'entre eux consiste à garantir une lutte contre l'incendie sûre, efficace et professionnelle lorsque les incidents impliquent des systèmes de batteries à haute tension.

La Commission « Extrication et nouvelles technologies » du CTIF* a suivi de près le développement des méthodes de lutte contre les incendies de véhicules électriques dans le but de fournir aux pompiers des conseils appropriés pour une extinction efficace, de préférence à l'aide des techniques et des équipements existants, ce qui garantirait une large applicabilité des méthodes appropriées.

L'objectif de ce guide opérationnel est de fournir un aperçu complet des approches, techniques et tactiques d'extinction des incendies de véhicules électriques, sur la base des dernières connaissances en matière de technologie des batteries, du comportement des cellules lithium-ion et des spécificités de l'emballage thermique. L'autre objectif de ce guide est de fournir une réponse opérationnelle en cas d'accident routier impliquant des véhicules électriques afin d'assurer la sécurité de l'intervention au regard du risque électrique.

Le guide opérationnel que vous avez entre les mains rassemble l'expérience pratique des équipes d'intervention d'urgence, les résultats de la recherche et les recommandations des principaux experts en sécurité incendie. L'accent est mis non seulement sur l'extinction des incendies, mais aussi sur la prise de décision tactique, la reconnaissance des dangers, l'utilisation appropriée des équipements et la protection des équipes d'intervention et de leur environnement.

La mobilité électrique se développe rapidement, souvent plus rapidement que ne le permettent de nombreuses normes et procédures. C'est pourquoi l'objectif principal de cet ouvrage est d'offrir une base solide, actualisée et professionnelle qui puisse servir de guide dans des situations exigeantes et souvent imprévisibles. Je pense qu'il apportera aux lecteurs les connaissances et la confiance nécessaires pour travailler de manière sûre et efficace lorsqu'ils sont confrontés à des incendies de véhicules électriques.

En tant que président du CTIF, je tiens à exprimer ma gratitude à Michel Gentilleau et à ses collègues pour avoir préparé ce manuel, qui s'inscrit dans l'idée centrale de la mission du CTIF : l'échange de connaissances afin de garantir un travail plus sûr pour les pompiers et un environnement de vie plus sûr pour les citoyens.

Milàn DUBRAVAC (Slo)

Président du CTIF



* CTIF (Association internationale des services d'incendie et de secours)

Remerciements pour leur contribution à :

Amandine LECOQ (FR)

Chef d'équipe essais batteries **INERIS** (Institut national de l'environnement industriel et des risques)

Arjan BRUINSTROOP (NL)

Sapeur-pompier - **NIPV** -Training & Operations Advisor – Fire Service Education / membre de la commission « extrication and new technology » du CTIF

Céline ADALIAN (FR)

Senior Manager, Passive Safety - **IDIADA** / Co-présidente de la task force ISO 17840 (FAD)

Eric PAILLIER (FR)

Fire Safety and Emergency Coordinator - **TotalEnergies**

Joël BIEVER (LUX)

Sapeur-pompier - Chef de service Formation, zone de secours sud du **Luxembourg** / Vice-président de la commission « extrication and new technology » du CTIF

Marco AIMO-BOOT (ITA)

Tertiary Safety Leader **IVECO Group** / membre de la task force ISO 17840 (FAD)

Pierre CASTAING (FR)

Ex-président d'Euro NCAP / Chairman du groupe « rescue, extrication and post-crash safety » à **Euro NCAP**

PREAMBULE

La prise en compte des véhicules électriques comme nouveau facteur de risques par les sapeurs-pompiers, pouvoirs publics, laboratoires ou entreprises privées remonte maintenant à plusieurs années.

Les essais en laboratoire ou essais réels sur le terrain, les études et rapports, les consignes et recommandations se comptent aujourd'hui par centaines au niveau international.

Les fabricants de matériels ont proposé un large choix de matériels sensés aider les secours à intervenir plus efficacement et en sécurité sur ce type de véhicules.

La progression rapide des ventes de véhicules électriques, voiture dans un premier temps mais progressivement également poids-lourds et bus, a permis aux services de secours de bénéficier de nombreux retours d'expérience des acteurs du terrain.

Cette expérience accumulée n'a pourtant pas dégagé de consensus général sur les procédures d'intervention à mettre en œuvre par nos sapeurs-pompiers, que ce soit lors d'une opération de secours routiers ou lors d'un incendie mettant en cause un véhicule électrique.

Ce document a pour objectif de faire un point sur les 2 sujets principaux que sont :

- la prise en compte du risque électrique dans le cadre d'une opération de secours routiers en présence d'un véhicule électrique ;
- la prise en compte de l'emballement thermique dans le cadre d'un feu de véhicule électrique (batteries lithium-ion).

Les parties relatives aux éléments à connaître sur les véhicules électriques et les batteries, les risques électriques ainsi que sur l'emballement thermique seront traités sommairement, la littérature étant abondante sur ces sujets.

Le document s'attachera à faire un état des lieux des équipements/matériels à disposition des sapeurs-pompiers pour traiter les problématiques rencontrées et à proposer, des protocoles d'intervention faisant appel aux moyens traditionnels dont ils disposent.

Enfin, nous évoquerons pour chacun des thèmes opérationnels (secours routiers et feu de véhicule), les perspectives envisageables pour les sapeurs-pompiers notamment au regard des travaux menés par Euro NCAP*.

*Euro NCAP European New Car Assessment Programme
<https://www.euroncap.com/media/91774/euro-ncap-protocol-post-crash-v11.pdf>

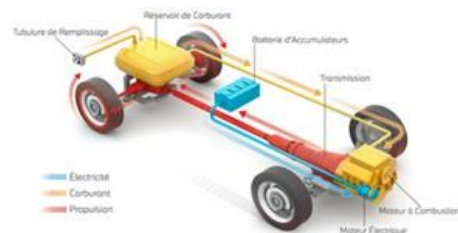
RAPPELS SUR LES VEHICULES ELECTRIQUES

Les véhicules dits hybrides / électriques comprennent 4 types de véhicules :

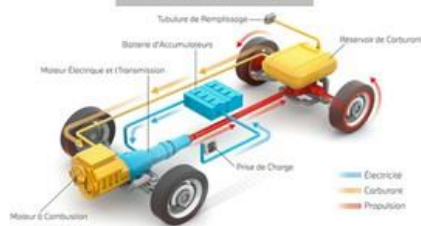
- véhicules **hybrides** électriques
- véhicules **hybrides rechargeables**
- véhicules **électriques**
- véhicules à **pile à combustible** (hydrogène)



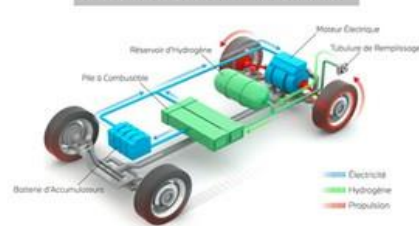
Voiture électrique



Voiture hybride électrique



Voiture hybride électrique rechargeable



Voiture hydrogène

Les **batteries** des VE et VH sont de capacités différentes et sont situées généralement :

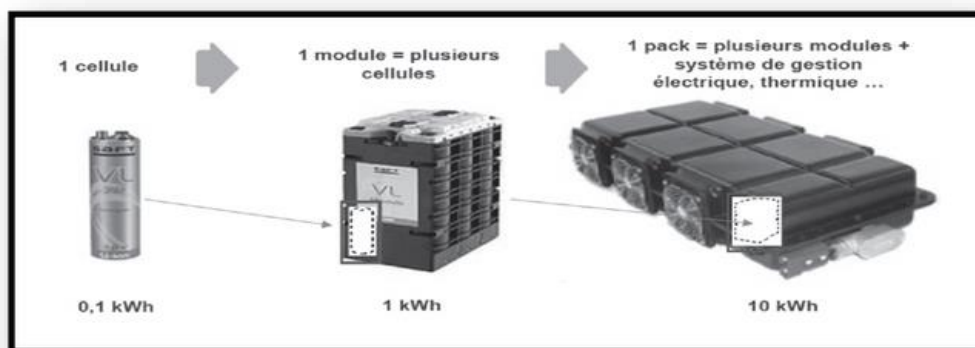
- sous le plancher du véhicule pour les voitures
- sur les côtés (ou au centre) du châssis ou derrière la cabine pour les poids-lourds
- sur le toit ou à l'arrière du véhicule pour les bus



L'élément de base de la batterie est la cellule. Elle peut être souple (pouch), prismatique ou cylindrique.



Un ensemble de cellules forment un **module** (ou une batterie). Un ensemble de modules forment un pack de batteries.



Même si différentes **technologies** existent (NiMH, LMP, sodium...), la technologie la plus répandue dans la mobilité électrique reste la technologie **lithium-ion**.

Les **casings** (enveloppes) des batteries des véhicules sont généralement en acier ou en aluminium.

Les risques générés par ces batteries Li-ion sont :

- **électriques**
- **thermiques**
- **toxiques**
- **explosifs**

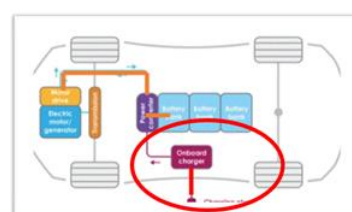
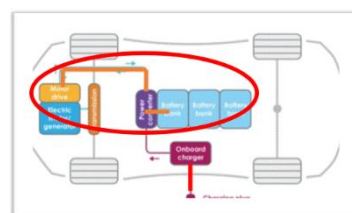


Les 3 derniers risques proviennent du phénomène d'emballement thermique susceptible de se développer dans une batterie Li-ion.



Les sapeurs-pompiers sont susceptibles d'être confrontés au risque électrique dans plusieurs situations opérationnelles :

- **Contact direct** avec un câble HT ou avec des batteries durant une **opération de secours routiers**
- **Contact direct** avec un câble HT ou avec des batteries durant une opération de feu de véhicule (**phase de déblai**)
- **Contact direct ou indirect** avec un câble de charge électrique durant une opération de feu de véhicule (**phase d'extinction**)



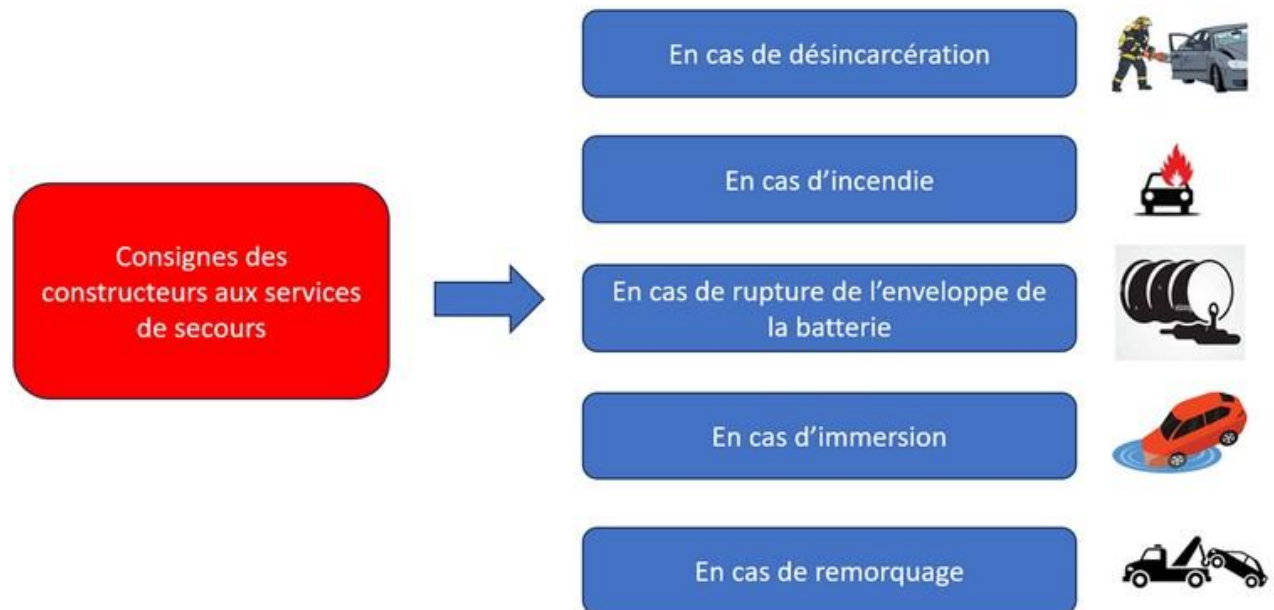
Les risques électriques identifiés dans ces cas sont **l'électrisation, l'électrocution et la production d'arcs électriques**.

UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION A LA DISPOSITION DES SP : LA FAD

Les FAD (Fiches d'Aide à la Décision) répondent à la norme ISO 17840.

Elles sont rédigées par les constructeurs automobiles à destination des services de secours.

Elles comprennent des informations et consignes dans les **situations suivantes** :



La norme ISO17840 organise les FAD autour :

- de symboles normalisés
- d'une structure de document normalisée

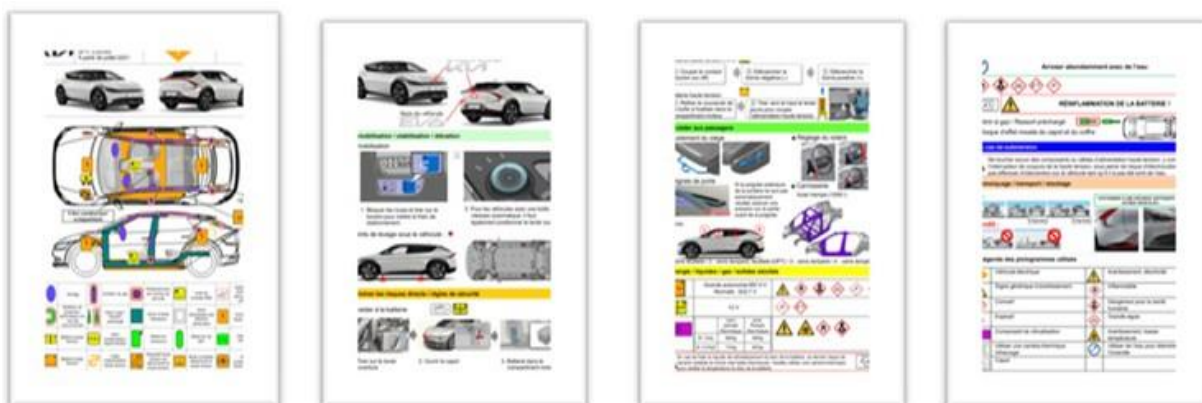
L'ensemble des symboles normalisés sont accessibles dans la norme concernée.

Les **principaux symboles utilisés** pour le système électrique des véhicules électriques sont les suivants :

	Airbag		Générateur de gaz		Prétensionneur de ceinture de sécurité		Unité de contrôle SRS		Système de protection active des piétons
	Système automatique de protection en cas de retournement		Vérin à gaz/resort précontraint		Zone de haute résistance		Zone nécessitant une attention particulière		
	Batterie basse tension		Supercondensateur basse tension		Réservoir de carburant		Réservoir de gaz		Soupape de sécurité
	Batterie haute tension		Câble d'alimentation haute tension		Dispositif de déconnexion haute tension de la batterie haute tension				Supercondensateur haute tension
	Dispositif de déconnexion basse tension de la batterie haute tension		Boîtier de fusibles basse tension de désactivation de la haute tension		Composant haute tension		Boîtier d'isolement de la haute tension		

La **structure du document** s'articule autour des points suivants :

- 4 pages maximum (5 pages tolérées exceptionnellement) (critère Euro NCAP)
- Une 1^{ère} page montrant les équipements impactant les services de secours ainsi que la photographie du véhicule et la légende des symboles utilisés.
- 3 pages maximum indiquant les différentes consignes réparties en chapitres



-chaque chapitre avec une couleur définie et dans le même ordre.

1. Identification / recognition	identification
2. Immobilisation / stabilisation / lifting	immobilisation
3. Disable direct hazards / safety regulations	Isolement de l'énergie
4. Access to the occupants	Accès aux occupants
5. Stored energy / liquids / gases / solids	En cas de fuite
6. In case of fire	En cas d'incendie
7. In case of submersion	En cas d'immersion
8. Towing / transportation / storage	Remorquage
9. Important additional information	Divers

Les FAD sont consultables par le biais de l'application Euro Rescue d'Euro NCAP. Cette application permet la consultation de 1900 FAD (septembre 2025) en mode connecté à internet ou non connecté, avec téléchargement préalable des FAD sur le support (smartphone, tablette numérique).



Les FAD doivent maintenant être disponibles dans les 22 langues européennes. L'application, gratuite, est téléchargeable sur Android ou Apple :



<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.euroncap.rescue&hl=fr&pli=1>



<https://apps.apple.com/fr/app/euro-rescue/id1516807765>

Une version consultable sur PC est également disponible. Cette version peut être utile dans le cadre d'un centre de traitement de l'alerte afin d'identifier en amont de l'intervention, la FAD concernée : <https://rescue.euroncap.com/>

Sont consultables les FAD de voitures ainsi que les FAD de poids-lourds et des bus.



A noter également l'application ANCAP Rescue réalisée au bénéfice des services de secours australiens, dont la base de données des FAD, comprend également des véhicules propres au marché australien (<https://www.ancap.com.au/ancap-rescue-app>).



SECOURS ROUTIERS : LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE ELECTRIQUE

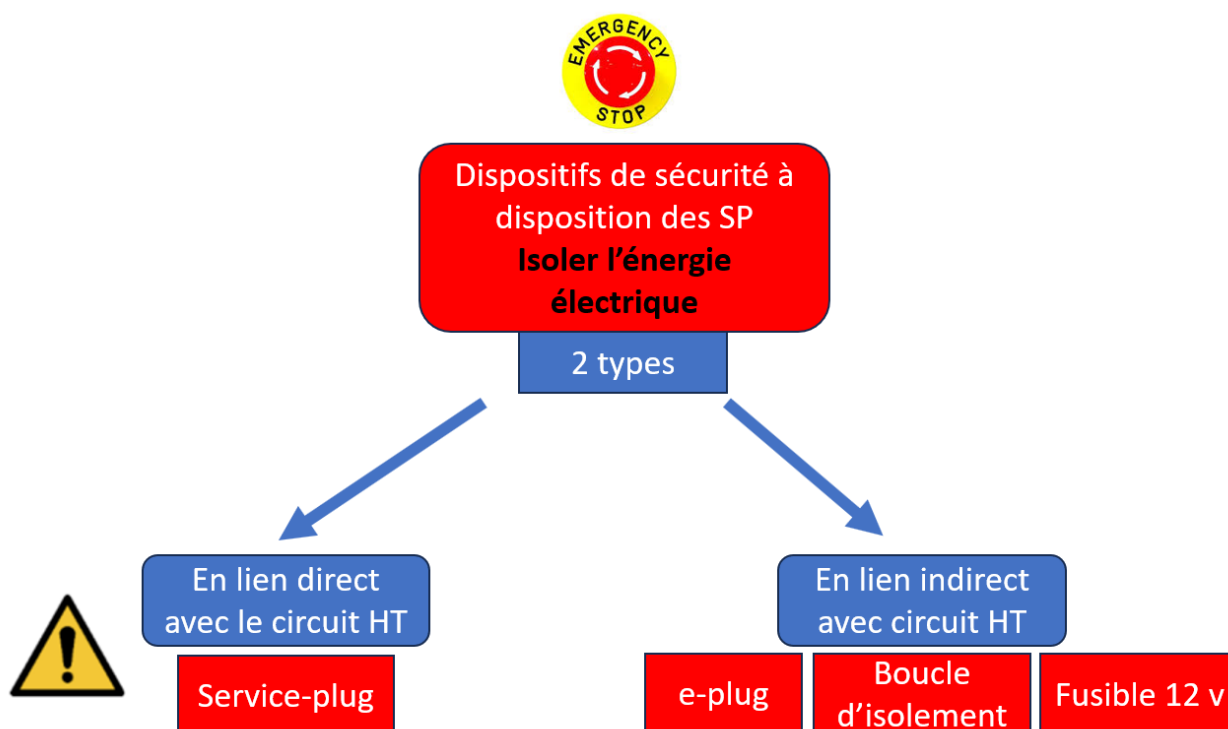
- Les équipements de sécurité à disposition des secours

Les véhicules électriques sont dotés **d'équipements (dispositifs) de sécurité** susceptibles d'être manipulés par les services de secours lors d'opérations de secours.

Ces dispositifs de sécurité sont destinés à isoler l'énergie électrique des batteries HT (éviter le risque électrique) afin de permettre une intervention d'urgence en sécurité.

L'indication de leur utilisation par les services de secours est donnée par les constructeurs automobiles dans les Fiches d'Aide à la Décision (FAD), documents opérationnels donnant les informations et consignes des constructeurs aux services de secours.

Ces équipements de sécurité peuvent être classés en 2 catégories :



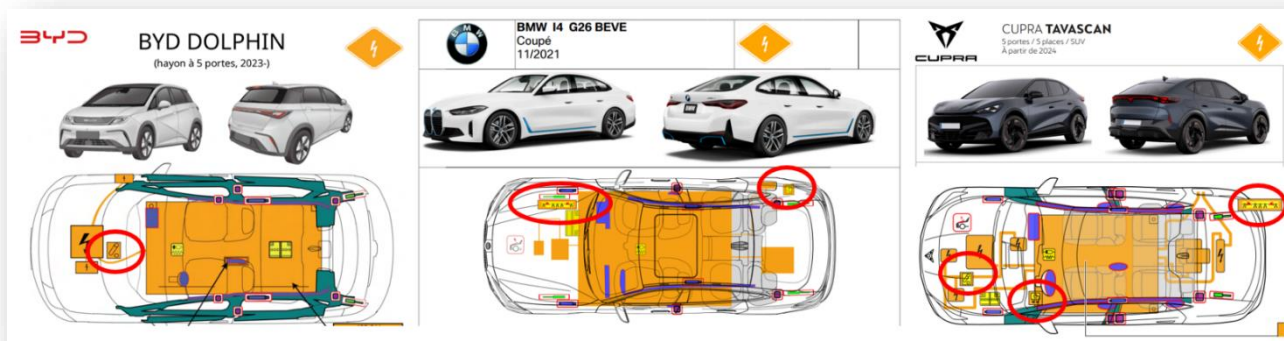
Ces dispositifs peuvent se trouver à différents endroits dans un véhicule électrique. Ils pourront être au nombre de 1, 2 ou 3 dans le même véhicule.

Dans une voiture, ils pourront se situer dans l'habitacle, dans le coffre, dans le compartiment avant (sous le capot) voire accessible par l'extérieur du véhicule (sous châssis par exemple).

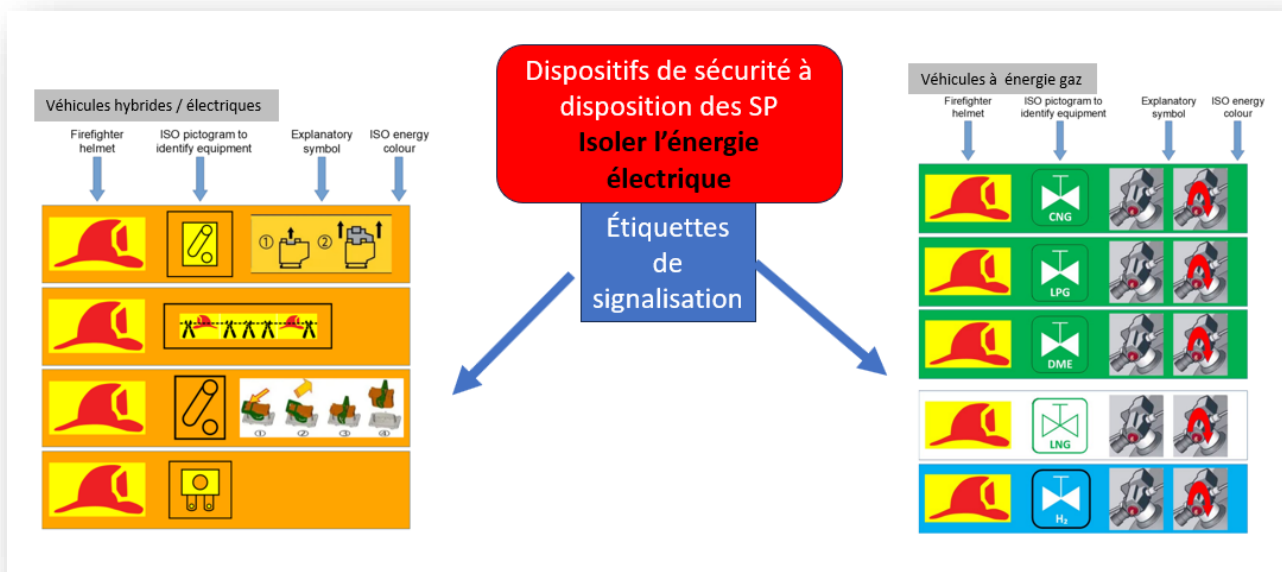
Dans un poids-lourd, ils pourront se situer dans l'habitacle ou sur le châssis.

Dans un bus, ils pourront se situer au niveau de la place du conducteur ou à l'arrière du véhicule.

Tous ces dispositifs de sécurité sont identifiés par un symbole spécifique sur les FAD (norme ISO 17840).



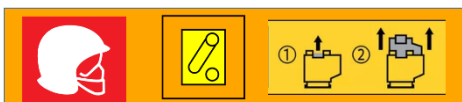
Ils sont également, très souvent, identifiés sur les véhicules par une étiquette. Un format d'étiquette a été défini par Euro NCAP :



La couleur orange de l'étiquette est caractéristique d'un équipement de sécurité d'un circuit électrique HT.

La présence d'un casque de sapeur-pompier indique l'utilisation de cet équipement en cas d'urgence. A noter que le choix du modèle de casque est laissé à l'appréciation du constructeur automobile.

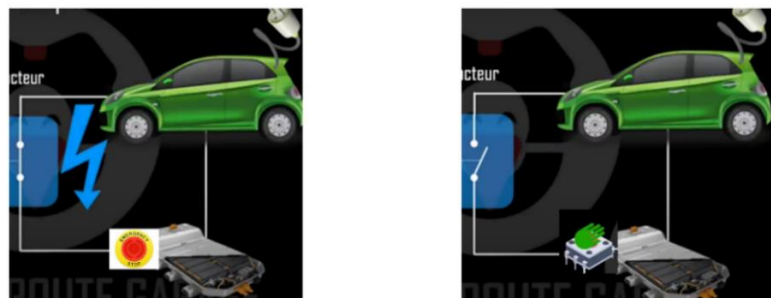
Autre exemple possible :



Est intégré dans cette étiquette le symbole ISO de cet équipement de sécurité. Enfin, le schéma expliquant la manipulation de l'équipement de sécurité est laissé à l'appréciation du constructeur automobile.

Les dispositifs de sécurité « service-plug » sont des dispositifs situés sur les circuits HT du véhicule (très souvent au contact de la batterie HT). A ce titre, leur manipulation nécessite des précautions particulières tels que le port d'EPI dédiés (gants isolants, écran facial).

Ils sont généralement prévus pour la maintenance du véhicule.



Etat du circuit HT avant et après manipulation du service-plug

Ils peuvent être de différentes formes et de manipulations variées :



MG 5



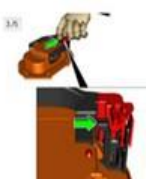
BYD Dolphin



MG HS



Opel ampera



Polestar 2

Le symbole normalisé du service plug à rechercher sur les FAD est :
La couleur orange indique un équipement de sécurité sur circuit HT.



L'étiquette d'identification du service plug pouvant être rencontré dans un véhicule électrique est du format suivant :



Les dispositifs de sécurité « e-plug », « boucles d'isolement » et « fusibles 12 volts » sont des dispositifs situés sur les circuits BT du véhicule. Leur manipulation permet l'ouverture de relais situé sur le circuit HT. A ce titre, leur manipulation ne nécessite pas le port d'EPI particuliers.



Etat du circuit HT avant et après manipulation du e-plug
ou boucle d'isolement ou fusible 12 v

Ils peuvent être de différentes formes et de manipulations variées :

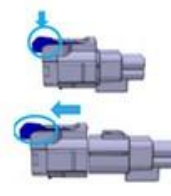
- « e-plug »



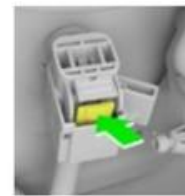
BMW i4



NIO EL 6



CHERY Tiggo



ORA funky cat

Le symbole normalisé du e-plug à rechercher sur les FAD est :
La couleur jaune indique un équipement de sécurité sur circuit BT.



L'étiquette d'identification du e-plug pouvant être rencontré dans un véhicule électrique est du format suivant :



- Boucles d'isolement (loop)



BYD SEAL



KIA EV3



MERCEDES CLA Coupé



JEEP Avenger

Le symbole normalisé de la boucle d'isolement à rechercher sur les FAD est :

La couleur jaune indique un équipement de sécurité sur circuit BT.



L'étiquette d'identification de la boucle d'isolement pouvant être rencontré dans un véhicule électrique est du format suivant :



- Fusibles 12 volts



SKODA Kodiak



Ford Capri




MAXUS Mifa 7

Le symbole normalisé du fusible 12 volts à rechercher sur les FAD est :
La couleur jaune indique un équipement de sécurité sur circuit BT.



L'étiquette d'identification du fusible 12 volts pouvant être rencontré dans un véhicule électrique est du format suivant



TABLEAU RECAPITULATIF DES EQUIPEMENTS D'ISOLEMENT DE L'ENERGIE ELECTRIQUE				
Type	Exemples	Symbole ISO	Etiquette Euro NCAP (exemple)	EPI spécifique
Service-plug				
e-plug				
Boucle d'isolement (loop)				
Fusible 12 volts				

-Les consignes des constructeurs automobiles

Les consignes des constructeurs automobiles en matière d'isolement de l'énergie électrique des véhicules électriques sont mentionnées dans le chapitre 3 des Fiches d'Aide à la Décision (FAD) :

3. Neutraliser les dangers directs / règles de sécurité

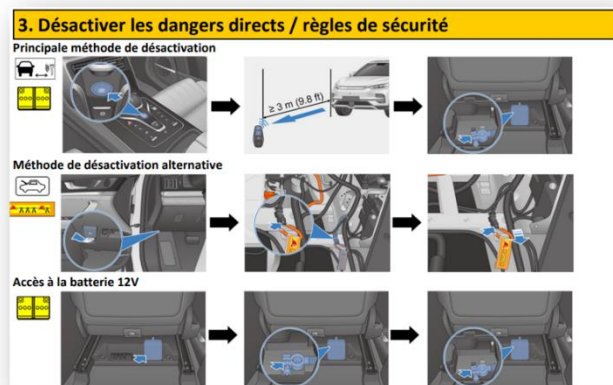
Ces consignes comprennent généralement :

- la procédure pour accéder à la batterie de servitude (12 volts/ 24 volts) et pour la déconnecter.
- la procédure pour accéder aux équipements de sécurité pour désactiver la HT ainsi que le ou les détails d'utilisation de ces équipements.

Il est à noter que dans ce dernier cas, plusieurs procédures (avec des équipements pouvant être différents / e-plug, loop, fusible 12V...) peuvent être proposées avec un niveau de priorité pour chacune de ces procédures (procédure prioritaire, alternative 1, alternative 2).



BMW



BYD

A noter que certaines consignes de constructeurs automobiles indiquent que :

- le déclenchement d'airbags est un indicateur nécessaire et suffisant pour confirmer la désactivation automatique du circuit HT du véhicule

ou

- que la mise à l'arrêt moteur est une action nécessaire et suffisante pour obtenir la désactivation automatique du circuit HT du véhicule

Il est important de se référer aux consignes des constructeurs automobiles pour une intervention efficace et en sécurité.

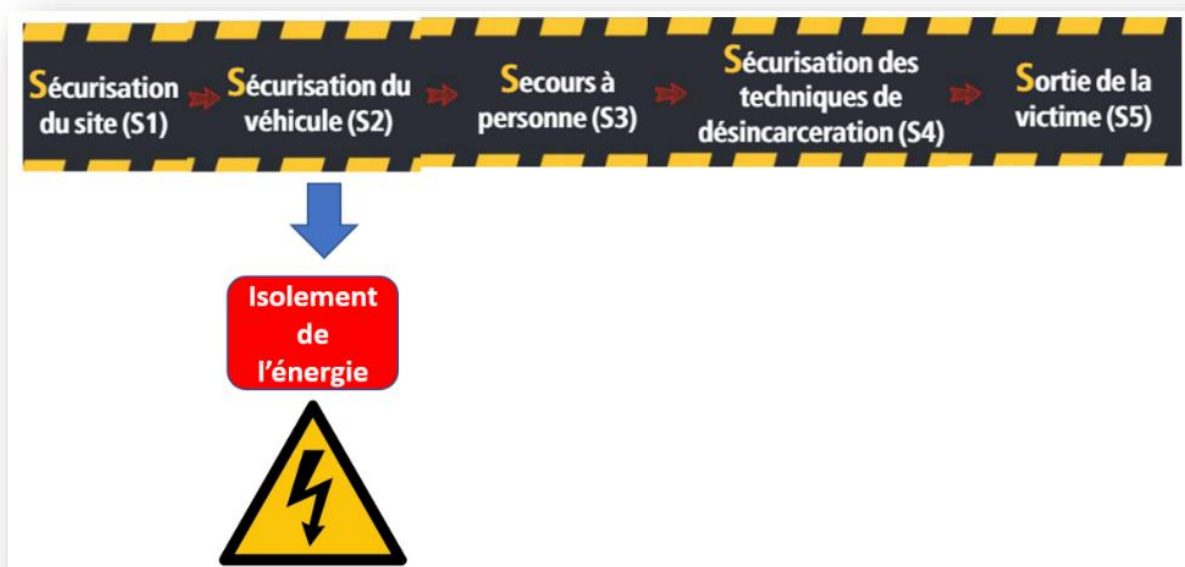
Dans ce cadre, l'identification du véhicule et donc la recherche de la FAD concernée sera un préalable avant d'effectuer toute technique de désincarcération sur le véhicule accidenté.

A noter, toutefois, que si les FAD récentes bénéficient de ce type d'informations détaillées, ce n'est pas le cas pour toutes les FAD plus anciennes.

-Intégration d'une phase de « sécurisation du véhicule » au regard de l'énergie

La prise en compte du risque électrique dans une intervention de secours routiers passe par l'intégration d'une phase de « sécurisation du véhicule » (au regard des énergies embarquées) dans la Marche Générale des Opérations (MGO) propre aux opérations de secours routiers.

Cette MGO peut se décliner la manière suivante :



La phase de « sécurisation du véhicule » a pour objectif d'intervenir en toute sécurité « comme d'habitude », en traitant les problématiques d'immobilisation du véhicule et d'isolement des énergies embarquées (l'électricité en l'occurrence concernant un véhicule électrique).

La phase de « sécurisation du véhicule » doit suivre la règle des 5i :



Identifier la source d'énergie, le type de véhicules (marque, modèle, année) et la FAD correspondante

Inspecter la source (batteries) et les vecteurs (câbles orange) du courant électrique HT. Vérifier les dégradations éventuelles sur ces équipements (câbles dénudés, batterie endommagée...). Le cas échéant, prendre les mesures de sauvegarde nécessaires (signalisation des câbles dénudés par exemple).

Interdire de toucher les câbles orange et les batteries (ainsi que les composants connectés à des câbles orange généralement marqués d'un triangle jaune avec un symbole de danger). Signaler les dégradations éventuelles constatées pendant l'inspection.

Immobiliser le véhicule par la mise à l'arrêt moteur, la mobilisation des freins du véhicule (à main, électrique...), le frein de park en position P et la pose de cale de roues (si possible). Eventuellement se référer à la FAD (partie 2 : immobilisation) pour réaliser cette séquence.

Isoler l'énergie électrique pour un sauvetage en sécurité, en se référant à la FAD (partie 3 : isolement de l'énergie) et en utilisant, le cas échéant, les dispositifs de sécurité à la disposition des SP (plugs, e-plugs, boucles d'isolement, fusibles 12V...).



En préalable à cette dernière séquence, la coupure de l'alimentation basse tension (12 volts/ 24 volts) est une action réflexe à réaliser (après avoir anticiper sur les équipements électriques à mobiliser pour faciliter les actions de sauvetage ultérieures : poignées de portes électriques, fenêtres électriques, hayons électriques, sièges électriques ...).



A noter que cette dernière séquence n'est à réaliser qu'en cas de mise en œuvre de techniques de désincarcération sur le véhicule (usage des cisailles, écarteurs, vérins) ou en cas de danger avéré pour la réalisation du sauvetage (câbles orange dénudés par exemple) voire de situation spécifique (victime sous le véhicule).



Certaines FAD mentionnent le principe d'une déconnexion automatique de la batterie HT en cas de choc. L'obligation d'utilisation ou non des équipements de sécurité (boucles d'isolement, e-plug, ...) par les sapeurs-pompiers, devra être clairement indiquée. L'indication d'un repère visuel, preuve de cette déconnexion (airbags déclenchés ou voyant lumineux sur tableau de bord p. ex.), sera nécessaire, en cas de consignes visant à rendre suffisante la déconnexion automatique.

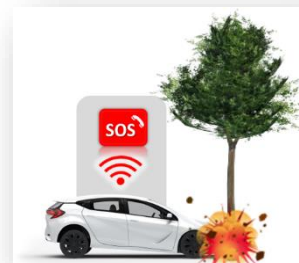


A noter qu'un pack batterie désolidarisé du véhicule électrique après un impact important (cellules / modules éparpillés sur la route par exemple) est toujours à considérer avec un risque électrique potentiel

- Les perspectives pour les services de secours

- *Appel des secours : vers une information opérationnelle optimale*

Les réglementations relatives à l'appel d'urgence exigent la transmission numérique automatique des informations relatives au véhicule ou à l'accident, aux services d'urgence par le biais du système e-call 112 (depuis 2018).



Ces informations obligatoires sont, entre autres, le numéro VIN (vehicle identification number) et l'énergie du véhicule, premiers éléments d'identification du véhicule.

Si l'information d'emblée de l'énergie du véhicule est un élément important en cas d'accident de la route ou de feu de véhicule, il n'en reste pas moins insuffisant pour l'identification du véhicule, identification qui permettra la recherche de la FAD correspondante.

Le VIN lui, par le biais du SIV (système d'immatriculation des véhicules) peut permettre l'identification du véhicule (NB : en France les services de secours ont accès au SIV depuis 2022).

Dans ce cadre, Euro NCAP a inscrit dans sa « feuille de route » 2030, la priorité donnée à l'identification de la FAD, via l'application Euro Rescue, par le numéro VIN et/ou le numéro d'immatriculation du véhicule.

Dans ses derniers protocoles, ce même organisme a également souhaité promouvoir dans ses modes de classement des véhicules, la transmission d'informations supplémentaires par le biais d'e-call 112.

On citera parmi les informations qui sont valorisées :

- ***le nombre de victimes potentielles***
- ***la direction de l'impact (choc frontal, latéral ou arrière)***
- ***le delta V (décélération à l'impact).***

L'objectif est, à terme, de pouvoir obtenir un « indice de sévérité », définissant la gravité de l'accident et permettant aux services de secours après réception de l'appel de secours au centre d'appel d'urgence, d'optimiser les moyens de secours à faire partir sur les lieux de l'intervention.

- *FAD : des documents plus compréhensibles*

Les FAD sont des documents opérationnels. A ce titre, elles se doivent d'être claires, précises et concises. Malgré le cadre donné par la norme ISO 17840, elles sont souvent conçues très différemment et parfois difficiles à utiliser pour les services de secours.

Euro NCAP a introduit des règles visant à rendre ces fiches aussi simples et compréhensibles que possible. Euro NCAP attribue les points liés à ce thème, uniquement aux fiches de sauvetage réalisées conformément aux règles du bulletin technique Euro NCAP TB 030 *, mis à jour selon les recommandations données par le CTIF (simplicité et clarté des messages).



- *Isolement des dangers : vers des protocoles d'isolement des énergies simplifiés*

Le CTIF a identifié plus de 70 protocoles différents (différents équipements de désactivation de l'énergie, différentes positions de ces équipements, consignes différentes, différents EPI), en particulier dans les véhicules électriques.

Cette diversité de protocoles rend complexe et longue la tâche des secours.

Euro NCAP a introduit les règles suivantes, sur la base des préconisations du CTIF * :

- ***Des protocoles simples et sûrs couvrant tous les scénarios possibles sont encouragés.***
- ***La désactivation automatique est recommandée***
- ***En cas de désactivation automatique de l'énergie, l'indication de l'état (énergie désactivée), doit être visible par les premiers intervenants (airbags déployés comme indicateur ou voyant lumineux sur tableau de bord par exemple / inscrit dans le chapitre 3 des FAD).***
- ***La désactivation manuelle (nécessaire si la désactivation automatique n'est pas réalisée ou dans certains cas opérationnels) doit être possible dans 2 zones différentes du véhicule.***
- ***Le port d'EPI spécifique ne doit pas être requis pour la manipulation des équipements de désactivation de l'énergie.***
- ***Indication sur les FAD (chapitre 3) de l'ensemble des risques désactivés (Batteries HT, 60 volts, 12 volts, pyrotechnie...)***

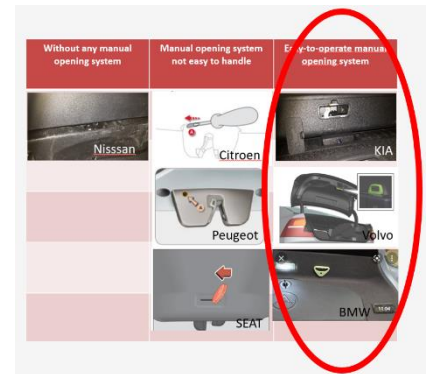


- Hayon arrière et coffre à bagage : ouverture simplifiée en situation post-crash

Le hayon ou le coffre peut être utilisé par les pompiers pour accéder aux victimes, les extraire ou accéder aux équipements de sécurité (par exemple e-plug, boucle d'isolement, etc.).

Or, l'ouverture du hayon ou du coffre n'est pas toujours facile.

Par conséquent, l'ouverture rapide du hayon ou du coffre étant nécessaire pour le sauvetage, Euro NCAP a souhaité promouvoir dans ses modes de classement, les véhicules qui permettent aux sapeurs-pompiers d'ouvrir rapidement et facilement le hayon ou le coffre en cas d'accident de la circulation (ouverture électrique garantie ou ouverture intérieure manuelle)

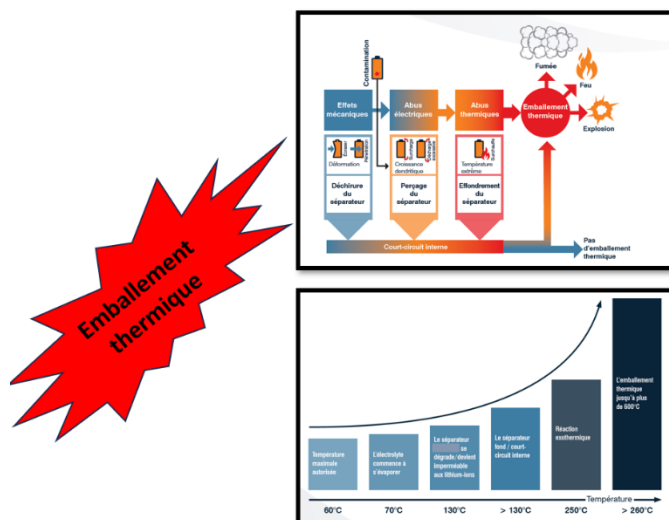


*TB030 d'Euro NCAP : <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/supporting-information/technical-bulletins/>

* article CTIF <https://ctif.org/fr/news/disabling-direct-hazards-vehicle-crash-what-does-it-mean-emergency-responders>

FEUX DE VEHICULES : LA PRISE EN COMPTE DE L'EMBALLEMENT THERMIQUE DES BATTERIES

- Quelques données sur l'emballement thermique



Causes et origines ?

Source de chaleur externe / court-circuit interne * / surcharge / immersion

Signes extérieurs ?

Flammes (torchères) / fumées / crépitements

« Lecture du feu » ?

similaire à une fuite de gaz enflammée (ou non enflammée) avec émission de fumées denses

Température critique des cellules de batterie à retenir :

- Entre 130°C et 180°C (en fonction des technologies utilisées)

* Suite à choc, défaut, percement...

Les risques identifiés sur ce type de phénomène sont les suivants :



- **Torchères** (brûlures / propagation)
- Possibles **projections** de métal en fusion (y compris de cellules si ce sont des cellules cylindriques)
- **Cinétique très rapide** de l'emballement thermique, possible



- **Fumées denses et toxiques** (CO, HF)



- **Explosion de gaz inflammables** (H₂, CH₄...), en espaces clos (exemples: garage, ESS)

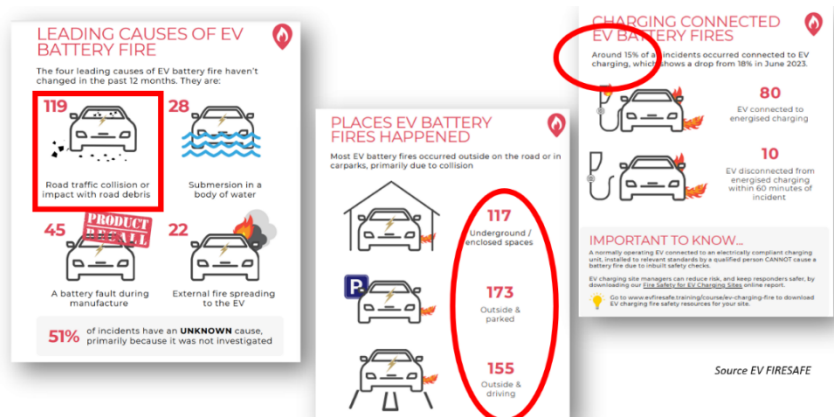


A noter que la projection de métal en fusion provient généralement du casing (enveloppe) de la batterie quand il est en aluminium. Les projections de cellules, par effet missile, sont essentiellement dues aux cellules cylindriques, majoritairement utilisées dans les mobilités légères (trottinettes et vélos électriques par exemple).

Les cinétiques d'emballement thermique sont très variables et dépendent notamment de la cause (source de chaleur extérieure ou court-circuit interne ou surcharge...), de l'architecture et de la chimie de la batterie ainsi que du niveau de charge (SOC/state of charge). Les cinétiques peuvent être très lentes (plusieurs dizaines de minutes avant l'apparition des premières flammes) ou très rapides.

Les fumées, hormis leur densité, se caractérisent par leur toxicité et leur inflammabilité, ce qui leur revêt un caractère impactant pour les services de secours, notamment en espace clos.

Les principaux éléments à retenir concernant les circonstances de l'emballement thermique sont les suivants :



On constate :

- une part importante des emballements thermiques après impact sur route en comparaison avec les autres causes identifiées (immersion, défauts, source extérieure de chaleur)
- une part significative des emballements thermiques en espace clos
- une part évaluée à 15% des emballements thermiques sur des véhicules en charge.

- **Les éléments opérationnels liés à l'emballement thermique**

Les nombreux essais en laboratoire ou essais réels réalisés dans le monde ainsi que les nombreux retours d'expérience des acteurs de terrain que sont les sapeurs-pompiers, permettent, aujourd'hui, de lister des éléments opérationnels susceptibles de guider les services de secours dans leur approche opérationnelle face aux emballements thermiques de batteries.

Les principales informations à retenir concernant certains aspects du développement des emballements thermiques, l'extinction et les risques pour les intervenants :

- développement des emballements thermiques :

- Comme vu précédemment, la cinétique de l'emballement thermique peut être très rapide ou lente. Ainsi, l'apparition des fumées et flammes pourra être instantanée ou l'apparition des premières flammes pourra ne survenir qu'après un long temps d'émission de fumées.

Ce **caractère imprévisible d'apparition des flammes** conjugué à l'impossibilité de connaître avec certitude l'emplacement de leur survenue et **à la possibilité de flammes en torchère**, devra conduire à s'assurer de la protection contre ce risque thermique, de tout intervenant ayant à opérer à proximité immédiate du véhicule et à anticiper un éventuel début d'emballement thermique lors des opérations de désincarcération.



- La **durée** d'un emballement thermique de batteries, en combustion libre (sans tentative d'extinction ou de refroidissement) est **en moyenne de 30'** (rarement plus de 1 heure). Ce critère important sera à prendre en considération dans la conduite des opérations, notamment quant à la décision du maintien d'une attaque offensive ou de la décision d'une technique d'extinction « au contact » (perforation par exemple) de la batterie (balance des risques et des enjeux).
- Un emballement thermique **sans flamme** (avec fumées) génère un **risque d'explosion** en milieu clos. En effet, les emballements thermiques génèrent des gaz inflammables de type CH₄ et H₂. Aussi quand l'emballement thermique n'est pas associé à des flammes, la situation est comparable à une fuite de gaz inflammable non enflammée et entraîne de facto un risque explosif en milieu clos (garage, parking sous-terrain, habitacle de voiture...)



- Une **ré-ignition** de la batterie est possible **plusieurs heures voire plusieurs jours après** l'incendie. Il conviendra donc de s'assurer, autant que faire se peut, notamment par l'utilisation de la caméra thermique, de l'absence de point chaud avant toute fin d'opération. L'utilisation de détecteur de CO peut aussi être envisagée.

Il conviendra, de même, d'informer les forces de l'ordre et/ou les services en charge de la récupération du véhicule du type de véhicule concerné (véhicule électrique) et des circonstances (emballement thermique avec risque de ré-ignition).

- Les **ré-ignitions** de batteries sont des phénomènes relativement fréquents (13% des cas étudiés /source EV Firesafe).
- La **ré-ignition** survient très souvent **après le déplacement** (mouvement) de la batterie ou du véhicule (lors du dépannage et du retrait du véhicule après l'opération, par exemple). Ce phénomène s'explique par le contact entre cellules et/ou contact des cellules avec des éléments métalliques, dans un contexte dégradé (suite à emballement thermique de la batterie ou suite à un choc après accident de la route par exemple) ou par le contact de cellules avec de l'eau (suite à un emballement thermique et utilisation d'eau par les services de secours par exemple). Ces contacts entre cellules ou entre cellules et eau entraîne un court-circuit.

- l'extinction et le refroidissement

- L'ensemble des essais réalisés montre **l'efficacité de l'eau comme agent d'extinction** d'un emballement thermique de batterie. Il en est de même pour **le refroidissement** dans le cadre de la prévention de l'emballement thermique ou/et des effets dominos (protection véhicule ou batterie adjacente).
- L'eau est un excellent agent d'extinction ... mais il est **très difficile** (voire impossible) **d'intégrer l'eau dans le casing** (enveloppe) de la batterie. Non seulement le casing est un bloc relativement compact et étanche mais il est, de plus, intégré dans la structure du véhicule et pas toujours très facilement accessible par les secours (exemple fréquent de la batterie sous châssis des voitures électriques ou des batteries sur bus électriques).
- Dans ce contexte, il convient lors d'une extinction de rechercher à utiliser les **parties fusibles** de la batterie telles que les sorties de câbles ou des dégradations du casing s'il est en aluminium (température de fusion de l'aluminium = 660°) qui sont des **accès potentiels pour l'eau d'extinction**. Les **déformations** du casing (dues à la chaleur dans le cas des casings aciers) sont également des accès potentiels.

Il en sera de même pour les interventions sur mobilités légères (trottinettes électriques, vélos électriques...) pour lesquelles la fonte du casing de la batterie, généralement en matière plastique, rendra plus aisée l'extinction et ou le refroidissement des cellules impliquées.

- L'ensemble des essais réalisés indiquent **l'absence de risque électrique pour les porte-lances** dans la phase d'extinction. Il n'en va pas de même dans la **phase de déblai** ou **tout contact avec les éléments électriques** doit être **prohibé**, de la puissance électrique résiduelle étant toujours possible malgré l'incendie.
- **Les fumées** émises par un emballement thermique sont **denses, toxiques, inflammables** et rendent difficile la visibilité et donc les accès dans les espaces clos.

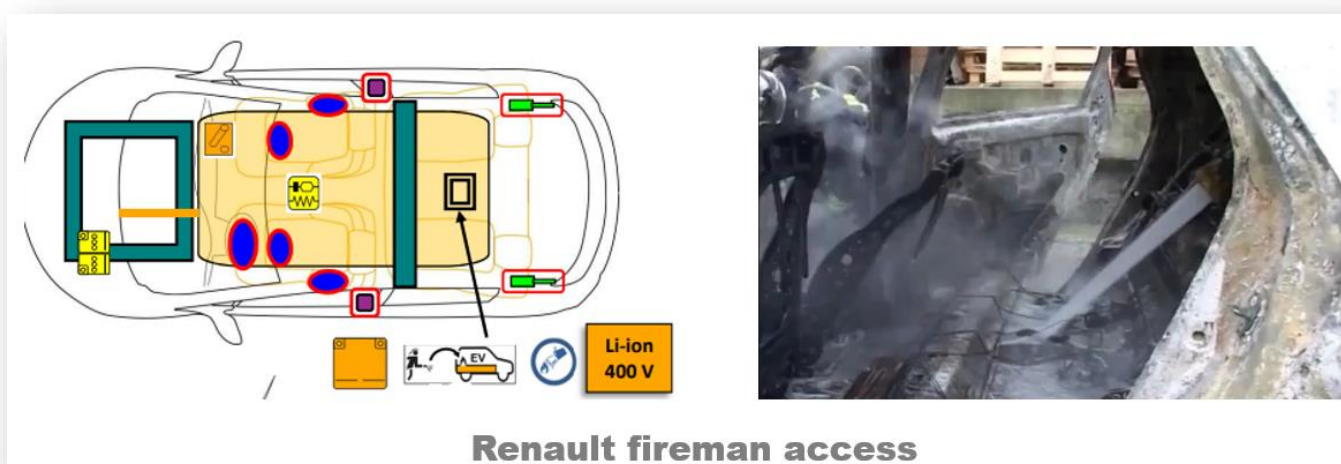
- les risques pour les intervenants

- Compte tenu de la toxicité des fumées d'un emballement thermique (présence de HF et de CO notamment), la **protection ++ contre les risques toxico** des personnels (EPI approprié et protection respiratoire) sera à prévoir.
- Compte tenu du caractère inflammable des fumées d'un emballement thermique (présence de H₂ et de CH₄ notamment), la **protection ++ contre les risques explosifs** des personnels sera à prévoir (véhicules, locaux confinés, couvertures thermiques)
- Compte tenu de la possibilité de **torchères** voire de projections de **métal en fusion** lors d'un emballement thermique la **protection ++ contre les risques thermiques** des personnels sera à prévoir, notamment pour les personnels au contact des véhicules.
- Compte tenu de la possibilité de **projections de cellules cylindriques** (peu courant dans le cas des véhicules électriques /fréquent dans le cas de vélos/trottinettes électriques) lors d'un emballement thermique, la **protection ++ contre les risques mécaniques** des personnels sera à prévoir.

- Les équipements de sécurité à disposition des secours

Si, concernant la gestion du risque électrique, les constructeurs automobiles ont pris en compte cette problématique pour les services de secours, en leur mettant à disposition des équipements d'isolement de l'énergie électrique (boucles d'isolement, fusibles 12 volts, e-plug...), force est de constater qu'il n'en n'est pas de même concernant la problématique de l'emballlement thermique de batteries.

On citera toutefois un équipement appelé « fireman access », intégré dans certains véhicules à énergie électrique et situé sur le casing de la batterie, afin de permettre aux services de secours la possibilité d'intégrer plus facilement de l'eau dans les batteries.



-Les consignes des constructeurs automobiles

Les consignes des constructeurs automobiles en matière d'incendie des véhicules électriques sont mentionnées dans le chapitre 6 des Fiches d'Aide à la Décision (FAD) :

6. En cas d'incendie

Ces consignes donnent très rarement des consignes particulières mais restent sur des recommandations générales sur les risques de ré-ignition des batteries ou sur l'utilisation requise de la caméra thermique.



- ***Les principales techniques développées à travers le monde***

Fort des connaissances listées précédemment sur les caractéristiques des emballements thermiques de batteries, de nombreux services d'incendie et de secours et de sociétés privées ont développés des techniques faisant appel à différents concepts.

On évoquera les 3 principaux que sont l'immersion des véhicules, l'extinction à l'eau par perforation du casing de la batterie et l'utilisation de couvertures thermiques, en évoquant les contraintes, restrictions et limites pour chacun d'eux.

La présentation de ces techniques ne vaut, en aucun cas, validation de leur intérêt.

○ *l'immersion des véhicules :*

L'immersion de batteries est une technique fiable pour venir à bout d'un emballement thermique.

Si cette stratégie est relativement facilement réalisable avec des batteries isolées, il n'en va pas de même avec des batteries sur véhicule.

Malgré tout, certains services d'incendie mettent en oeuvre ce principe pour des voitures électriques.

Ils font appel pour cela à des berces d'immersion, soit réalisées par système D pour l'occasion, soit prévues, en amont, dans leur parc de matériel ou par convention avec un organisme tiers (société de dépannage avec container de quarantaine).



A noter sur ces techniques d'immersion :

- la mise en oeuvre, en plus de la berce d'immersion, peut nécessiter d'autres matériels tels que du matériel de levage ou de remorquage. C'est donc une **mise en oeuvre lourde** pour un seul véhicule concerné.
- la **présence de personnels "au contact"** du véhicule, **nécessite l'absence de flammes** autour du véhicule, pour la mise en oeuvre de cette option opérationnelle et donc requiert sa réalisation sur des séquences bien précises de l'emballlement thermique. Ce qui implique avant toute utilisation de cette technique :
 - o soit d'être dans une phase du cycle de l'emballlement thermique sans flamme (notamment en début d'un emballlement thermique à cinétique faible).
 - o soit de prévoir une attaque préalable d'atténuation avec des moyens traditionnels (lances à eau) pour limiter voire supprimer les effets thermiques de l'emballlement thermique
 - o soit d'attendre la fin du cycle de l'emballlement thermique et donc la baisse voire la disparition des effets thermiques.Compte tenu du délai d'arrivée des secours sur site, le premier cas sera, d'ailleurs, peu probable.
- la **gestion post-opérationnelle du véhicule** dans la berce peut être problématique (transport, lieu de stockage...)
- la **gestion post-opérationnelle de l'eau** contenue dans la berce peut être problématique (traitement par entreprise spécialisée, aspect financier...)
- la mise en oeuvre de cette technique est **restreinte aux mobilités légères** (trottinettes électriques, vélos électriques...) **et aux voitures** excluant les poids-lourds, bus...
- **L'efficacité de l'immersion d'une batterie** dans un container dépendra de la possibilité pour l'eau d'intégrer le casing de la batterie. **L'architecture de cette batterie** (un ou plusieurs modules par exemple) **et/ou son degré de détérioration** (casing aluminium intact ou détérioré par exemple) **ou de déformation** (casing acier intact ou déformé par exemple) seront des éléments-clés de cette efficacité.

En l'absence d'un ou plusieurs de ces éléments favorisant, l'immersion pourrait s'avérer peu efficace et nécessiter plusieurs jours voire semaines.
- **L'immersion dans un container**, de véhicules ou batteries soumis ou ayant été soumis à un emballlement thermique, **ne garantit pas l'absence de ré-ignition ultérieure (après la sortie du véhicule du container)**.

En effet, ces ré-ignitions apparaissent très souvent après mouvement (déplacement) du véhicule (dans le cadre de la prise en charge du dépanneur par exemple), mouvement qui met en contact des cellules entre elles et/ou des cellules et de l'eau résiduelle, provoquant ainsi un court-circuit.

Seule l'immersion totale des cellules serait à même de limiter ces conséquences. Or, l'étanchéité des casings après emballlement thermique (déformations et/ou dégradations du casing dues aux températures élevées), qui plus est après perforation en partie inférieure du casing, est exclue.

○ *l'extinction à l'eau par perforation* :

La prise en compte du critère "l'eau est un bon agent extincteur mais difficile à intégrer dans le casing des batteries", a fait apparaître plusieurs outils de perforation. Certains sont à perforation manuelle tandis que d'autres utilisent des systèmes plus sophistiqués.

On citera ici les principaux :



COBRA ColdCut

<https://www.coldcutsystems.com/handling-of-lithium-ion-fires/>



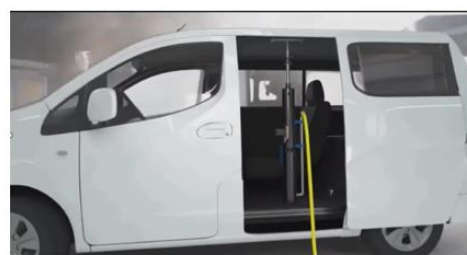
Murer

https://www.murer-feuerschutz.de/e-loeschlanze/index_en.php



Rosenbauer

<https://www.rosenbauer.com/en/products/fire-fighting-systems-and-body-components/rfc-battery-extinguishing-system>



AVL Stingray One

<https://www.avl.com/en/testing-solutions/e-mobility-testing/battery-testing/avl-stingray-one>

OUTIL	Principe de perforation	Énergie de perforation	Principale zone de perforation	Flexibilité d'utilisation	Personnels au contact à la préparation	Personnels au contact à la perforation	Personnels au contact à l'extinction
COBRA ColdCut	Eau à haute-pression	Hydraulique	Par dessus				
AVL Stingray One	Poinçon rigide	Pneumatique	Par dessus				
Murer	Poinçon rigide	Manuelle	Par dessus				
Rosenbauer	Poinçon rigide	Pneumatique	Par dessous				

A noter sur ces techniques de perforation :

- Compte tenu des capacités des batteries concernées (pouvant aller jusqu'à 100 KWh), et donc des risques électriques inhérents, **il conviendra de s'assurer**, auprès du fabricant de tel ou tel outil de perforation, de **l'absence de risque électrique pour les sauveteurs** et ce quelles que soient les conditions climatiques (pluie, neige, brouillard).
- Il conviendra également de déterminer les **contextes opérationnels** pour lesquels ces outils seront **efficaces** (voitures électriques, bus électriques, poids-lourds électriques, batteries isolées...).
- Comme pour les techniques d'immersion, **la présence de personnels "au contact"** du véhicule pour la mise en place des matériels mais aussi, pour certains, pendant la période de perforation voire d'extinction, **nécessite l'absence de flammes** autour du véhicule. Cette contrainte opérationnelle signifie que l'intervention doit être réalisée en fonction de certaines phases spécifiques de l'emballlement thermique (voir section précédente).
- **les phases de présence de personnels "au contact"** du véhicule nécessiteront la mise en oeuvre d'une protection hydraulique de ces personnels (**LDV en protection**).
- la **perforation d'un casing** de batterie, par poinçon rigide notamment, pourra être **créateur d'un début d'emballlement thermique**
- **En fonction de l'architecture de la batterie** (plusieurs modules) et/ou du véhicule (plusieurs batteries), il pourra être nécessaire d'effectuer des **perforations à plusieurs endroits différents**.
- Les outils proposant une perforation **par dessous le châssis**, sont limités dans leur efficacité par l'éclatement des pneus (phénomène rencontré dans tous les feux généralisés de voitures), entraînant le **contact au sol du plancher de la voiture** (à l'exception des cas de certaines voitures de type SUV) et donc l'impossibilité de "glisser" l'outil sous le châssis.
- **l'intégration d'eau dans un casing de batterie** soumis à un emballlement thermique **ne garantit pas l'absence de ré-ignition ultérieure**. En effet, comme évoqué précédemment pour les techniques d'immersion, ces ré-ignitions apparaissent très souvent après mouvement (déplacement) du véhicule.
- L'inconvénient de la technique UHD (ultra highpresssure device) réside dans la grande quantité de substances dangereuses qui se retrouvent principalement dans l'eau d'extinction. Des mesures montrent que **la méthode UHD peut libérer davantage de substances nocives** de la batterie que d'autres méthodes d'extinction. Il s'agit principalement de métaux lourds tels que le cobalt et le nickel

- l'utilisation de couvertures thermiques :

L'utilisation de couvertures thermiques n'est pas une solution pour l'extinction proprement dite d'un emballement thermique.

Elle peut être utilisée soit sur un véhicule concerné par l'emballement thermique soit sur un véhicule contigu.

Dans le premier cas, l'objectif sera de réduire l'impact thermique et fumigène de l'emballement thermique afin :

- d'éviter les effets dominos
- et/ou de permettre une meilleure visibilité en espace clos
- et/ou de permettre la mise en œuvre de moyens complémentaires



Dans le second cas, l'objectif sera de protéger un véhicule se trouvant à proximité du véhicule incendié.



A noter sur ces techniques utilisant les couvertures thermiques :

- Dans sa version "utilisation sur véhicule en feu", **la mise en œuvre peut s'avérer délicate voire impossible** en espace clos et/ou en fonction des obstacles se trouvant à proximité du véhicule (autres véhicules, bâtiment...). Son efficacité dépend en effet de son étanchéité qui nécessite une surface au sol suffisante autour du véhicule.
- Dans sa version "utilisation sur véhicule en feu", le principe est **d'agir principalement sur les flux** (fumées, gaz chauds) et **sur les cibles** (environnement immédiat, environnement plus éloigné).
- Dans sa version "utilisation sur véhicule en feu", compte tenu des **gaz inflammables émis** lors d'un emballement thermique et en fonction du type de couverture, **son utilisation peut générer des phénomènes explosifs** sous la couverture ou pendant son retrait.*
- Dans sa version "utilisation sur véhicule contigu", **la protection thermique du véhicule** est efficace et évite ainsi les effets dominos.

* <https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-blanket-explosion>

- **La prise en compte de l'emballlement thermique avec les moyens traditionnels des SP**

Lorsque le choix opérationnel de lutte contre les feux de véhicules électriques se porte sur l'utilisation des moyens traditionnels des sapeurs-pompiers (lances à eau), il convient d'adopter **une stratégie** tenant compte des critères et observations listés précédemment.

Cette stratégie devra s'accompagner des mesures de protection des personnels vis à vis des risques thermiques, toxiques, explosifs et électriques vus précédemment.

Deux scénarios sont à considérer avec leurs objectifs propres :

2 cas



Feu de VE sans emballlement thermique de la batterie

=> **éviter** l'emballlement thermique



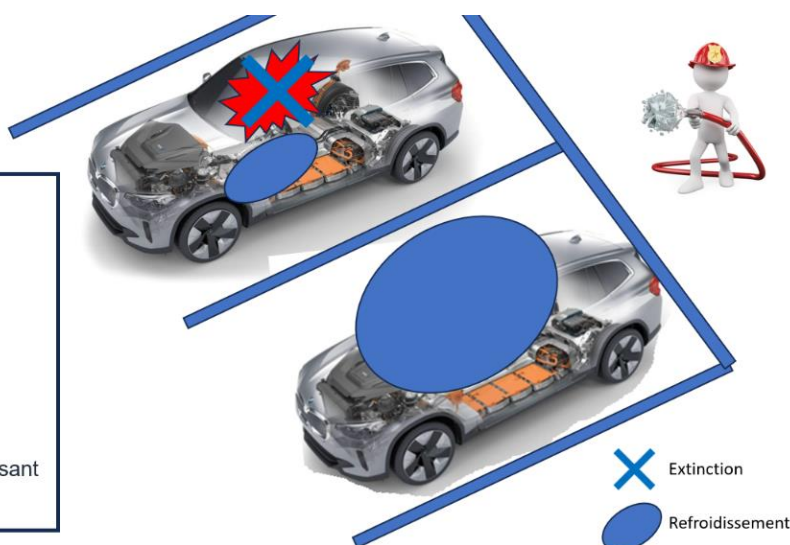
Feu de VE avec emballlement thermique de la batterie

=> **essayer** d'éteindre l'emballlement thermique

=> **stopper** la propagation

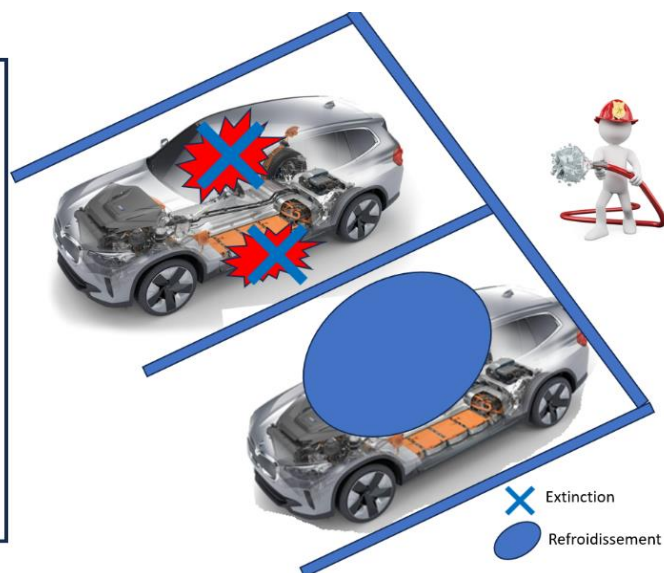
Dans le 1^{er} cas (feu de VE sans emballlement thermique), les mesures suivantes devront être prises :

- **Protéger** le personnel (appareil respiratoire isolant)
- **Protéger** l'environnement (personnes et biens)
- **Eteindre** l'incendie du véhicule
- **Eviter l'emballlement thermique** en refroidissant les batteries du VE concerné par l'incendie
- **Stopper toutes formes de propagation pour éviter l'emballlement thermique (effet domino)** en refroidissant les batteries/véhicules (s'il y en a à proximité)

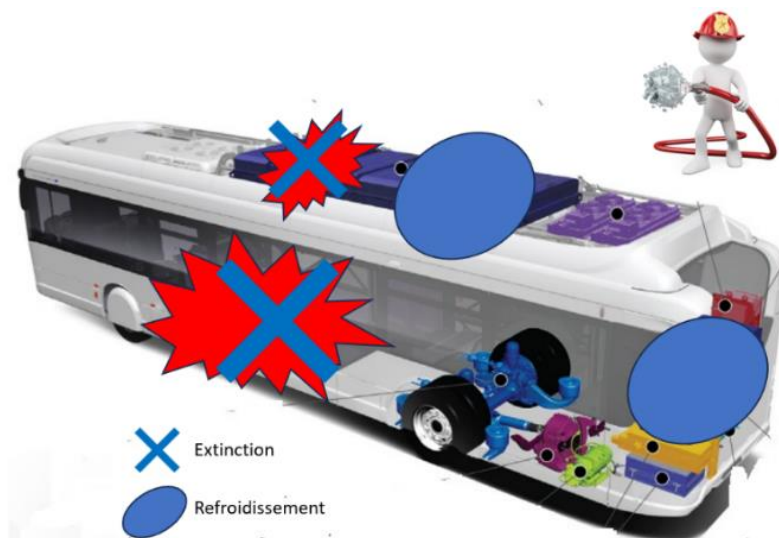


Dans le 2^{ème} cas (feu de VE avec emballement thermique), les mesures suivantes devront être prises :

- **Protéger** les intervenants (appareil respiratoire isolant)
- **Protéger** l'environnement (personnes et biens)
- **Eteindre** l'incendie du véhicule
- **Eteindre** l'emballement thermique de batterie (si extinction possible et efficace)
- Si **extinction inefficace**, arrêt tentative d'extinction (**laisser-brûler**)
- **Stopper toutes formes de propagation pour éviter l'emballement thermique (effet domino)** en refroidissant les batteries/véhicules (s'il y en a à proximité)
- **Point particulier** : Si emballement thermique "avec fumées sans flamme", prendre en compte le **risque explosif**
- **Prendre en compte la possibilité de ré-ignition** de la batterie



Exemple d'un bus électrique








INTÉGRER dans son approche opérationnelle, le critère suivant :

LE TEMPS DE COMBUSTION D'UNE BATTERIE, SUITE A UN EMBALLEMENT THERMIQUE, EST DE L'ORDRE DE 30' ... ET RAREMENT PLUS D'1 HEURE !

=> Balance des moyens/risques <=> résultats à attendre

Les consignes à donner aux porte-lances sont les suivantes :

	Attaque massive au contact du véhicule en jet diffusé / débit 125l/mn	 
	Attaque en jet plein par les parties fusibles ou les déformations du casing de la batterie / débit 125l/mn / « là ou sortent les flammes = point d'entrée possible de l'eau pour l'extinction »	
	Si attaque inefficace => arrêt de l'extinction de l'emballement thermique (laisser-brûler) Protection de l'environnement / prévention des effets dominos éventuels, <i>L'expérience montre qu'au-delà de 10mns de tentative d'extinction par 2 LDV (soit 2500 l d'eau) sans résultat probant, la stratégie du « laisser-brûler » doit être envisagée.</i>	

L'efficacité de cette méthode offensive pourra être vérifiée à la caméra thermique (détection au casing).

C'est la décroissance (ΔT°) de la température qui sera, dès lors, recherchée (pas la température elle-même).

Afin de visualiser plusieurs points évoqués dans ce document, concernant l'emballement thermique (cinétique, développement, extinction par moyens traditionnels...), une vidéo d'essais réalisés en France en mai 2024 est proposée.



<https://youtu.be/rg8k4zyqu4M>

Attention : l'essai réalisé avec outil perforant, en fin de vidéo, ne correspond qu'à un prototype d'outil bien spécifique. Les informations données avec ce matériel ne sont pas extrapolables à tous les modèles d'outils perforants existants.

Quelques situations particulières méritent des précisions :



Feu de véhicule électrique en charge

Extinction **uniquement** si l'alimentation électrique de la borne de recharge est **coupée après activation** :
- du bouton d'arrêt d'urgence sur la borne
- de la coupure générale

Si alimentation électrique non coupée => protection de l'environnement uniquement



Feu de bus électrique

Attention au **poids des batteries** disposées sur le toit du bus :
=> **risques d'effondrement et de chute des packs batteries** en cas d'incendie généralisé du bus



L'attaque à 2 LDV en simultané s'impose:

- Binôme 1 – Extinction du feu de véhicule
- Binôme 2 – Refroidissement des batteries et si possible extinction



Feu de véhicule électrique à hydrogène

Procédure d'extinction ciblant **prioritairement le refroidissement du réservoir d'H₂**.

L'attaque à 2 LDV en simultané s'impose :

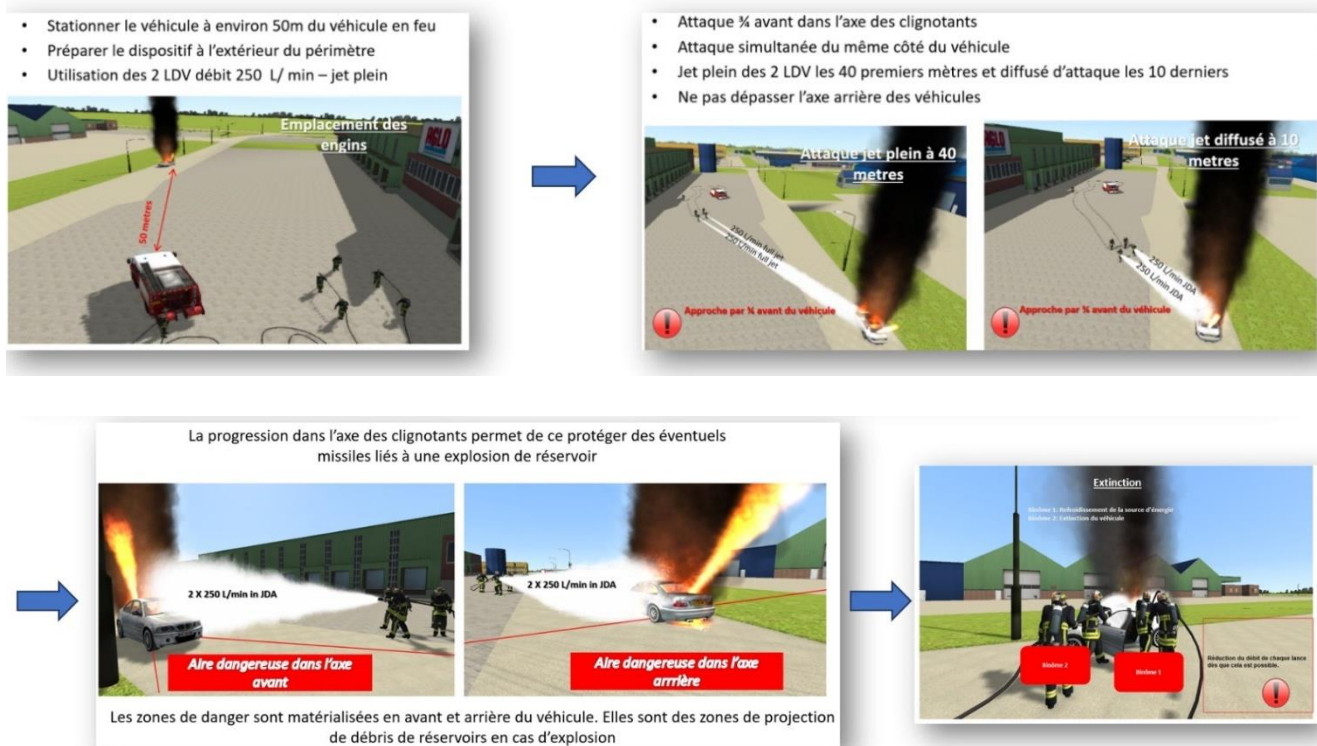
- Binôme 1 – Refroidissement du réservoir H₂
- Binôme 2 – Extinction du feu de véhicule et des batteries HT



Cette stratégie de lutte contre les feux de véhicules électriques peut s'intégrer dans une stratégie plus globale de lutte contre les feux de véhicules de toutes énergies * (GPL, GNC, GNL, H2) pour laquelle est mise en œuvre une technique particulière : l'attaque massive à 2 LDV en simultané avec les objectifs suivants :

- binôme n°1 : refroidissement de la source d'énergie (réservoir gaz/batterie HT)
- binôme n°2 : extinction du véhicule

Le déroulé de cette **technique** s'établit comme suit :



**stratégie globale avec particularités pour chacune des énergies*

- **Les perspectives pour les services de secours**

- *Emballement thermique : vers une meilleure stabilité de la batterie et une alarme post-crash*

L'emballement thermique de batteries de véhicules électriques est un sujet, aujourd'hui, pour tous les services d'incendie et de secours du monde entier, notamment dans le cadre des accidents de la route.

Dans ce contexte, Euro NCAP a souhaité introduire les critères suivants dans ses protocoles d'essais :

- **Une plus grande stabilité de la batterie après la détection d'un emballement thermique est recherchée (20'/40'/90'). Cette stabilité doit permettre aux services de secours d'intervenir en sécurité sur tout accident de la route et permettre l'extraction d'une (des) victime(s) en cas d'apparition d'un emballement thermique.**
- **Dans ce même contexte d'accident de la route, les services de secours doivent être prévenus d'un début d'emballement thermique. L'indicateur d'emballement thermique sur le tableau de bord doit être visible des secours en situation post-crash.**



- *Emballement thermique : vers une alarme dans tous les contextes*

L'emballement thermique de batteries de véhicules électriques est un sujet, aujourd'hui, pour tous les services d'incendie et de secours du monde entier et ce dans tous les contextes (conduite, parking, charge).

Dans ce contexte, Euro NCAP a souhaité introduire les critères suivants dans ses protocoles d'essais :

- **En stationnement (en charge ou non), afin que les emballements thermiques soient détectés et les services de secours prévenus au plus tôt, le propriétaire du véhicule est informé de la détection d'un risque d'emballement thermique, par un téléphone associé. Dans la même situation, un signal sonore (et/ou lumineux) avertit les personnes se trouvant à proximité.**

