



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Juillet 2022

Le renforcement de la protection incendie dans les parkings couverts et le déploiement des bornes de recharge électrique

Dominique Auverlot - CGEDD
Laurent Moreau - IGA

Rapport n°014095-01



Rapport n° 21090R



Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la rédaction de ce rapport

Statut de communication	
<input checked="" type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input checked="" type="checkbox"/>	Communicable

Sommaire

Résumé.....	5
Liste des recommandations.....	8
Introduction	11
La croissance exponentielle du véhicule électrique.....	11
La mise en place progressive des bornes de recharge dans les parkings résidentiels : du droit à la prise à l'équipement collectif.....	12
Une réglementation incendie des parcs couverts de stationnement éclatée, hétérogène et complexe, qui est appliquée de manière différenciée par les commissions de sécurité suivant les territoires et qui limite aujourd'hui le développement homogène des bornes de recharge	14
1 Le risque incendie dans les parkings couverts a augmenté avec les véhicules actuels	19
1.1 Le risque d'incendie dans les parkings est aujourd'hui dominé par la présence du plastique dans les véhicules actuels et conduit à des incendies difficilement maîtrisables.....	19
1.1.1 Plusieurs incendies majeurs sont intervenus récemment dans des parkings couverts.....	20
1.1.2 L'analyse américaine des feux de parkings souligne que les matériaux présents dans les véhicules actuels sont différents du passé ce qui facilite l'ignition et accroît la vitesse de propagation du feu	23
1.1.3 Les caractéristiques actuelles d'un potentiel feu de parking amènent à devoir renforcer la protection incendie des parkings	26
1.1.4 En conclusion.....	28
1.2 Le véhicule électrique présente des risques d'incendie comparables avec ceux des véhicules thermiques, mais un comportement au feu différent	28
2 Réduire les risques d'incendie et renforcer la protection incendie des parkings couverts.....	34
2.1 Réduire la probabilité d'occurrence d'un incendie dans un parking couvert.....	34
2.1.1 La probabilité d'incendie liée à l'amont de la borne de recharge est bien couverte par les normes et la réglementation existantes dès lors que la recharge utilise une installation prévue à cet effet.....	35

2.1.2 Réduire le risque d'incendie lié aux bornes de recharge	39
2.1.3 Même si la notion de batterie intrinsèquement sûre reste aujourd'hui un concept, la conception des batteries est en amélioration constante	40
2.2 Les principaux enseignements de l'évolution des réglementations étrangères de protection contre l'incendie des parcs de stationnement	47
2.3 Dix pistes d'amélioration de la protection contre l'incendie des parkings couverts ...	48
2.3.1 Redéfinir le risque incendie dans les parcs de stationnement	51
2.3.2 Retrouver de la lisibilité dans une réglementation aujourd'hui éclatée, difficilement compréhensible et appliquée différemment	55
2.3.3 Mettre en place dans tous les parcs de stationnement recevant du public, qu'ils soient neufs ou existants, un système d'extinction automatique y compris dans les parkings largement ventilés	59
2.3.4 Renforcer la protection incendie des parcs de stationnement privés couverts .	61
2.3.5 Vérifier l'existence et le bon fonctionnement d'un système d'extinction automatique pour tous les IGH	62
2.3.6 Actualiser la réglementation relative à la protection incendie des parkings situés dans des bâtiments ou parties de bâtiment à usage professionnel	63
2.3.7 Autoriser le déploiement des points de recharge normale dans les parcs de stationnement et prendre des précautions vis-à-vis des points de recharge rapide	64
2.3.8 Prendre des précautions particulières pour le chargement des engins mobiles électriques	66
2.3.9 Renforcer la formation et l'équipement des sapeurs-pompiers pour combattre l'incendie de véhicules thermiques ou électriques dans des parkings couverts	67
2.3.10 Mettre à jour la réglementation	68
Conclusion	69
Lettre de mission	72
Liste des personnes rencontrées	74
Annexe 1 . Synthèse technique	79
Annexe 2 . Les risques d'incendie liés au transport électrique	86
2.1 Les batteries électriques présentent des risques d'incendie, notamment de court-circuit et d'emballement thermique	87

2.1.1	Les batteries électriques présentent des risques de court-circuit et d'emballement thermique	87
2.1.2	Les batteries électriques présentent des risques spécifiques vis-à-vis du risque incendie.....	90
2.2	Les véhicules électriques présentent un risque comparable à celui des véhicules thermiques.....	92
2.2.1	Au total, les statistiques étrangères montrent une probabilité d'incendie moins élevée pour les véhicules électriques que pour les véhicules thermiques et légèrement supérieure pour les véhicules hybrides	92
2.2.2	L'énergie et le débit calorifique maximal dégagés par l'incendie d'un véhicule électrique sont comparables en ordre de grandeur à ceux d'un véhicule thermique actuel.....	97
2.2.3	Mais le comportement au feu des véhicules électriques diffère par la durée de l'incendie, par sa reprise possible et par la difficulté de l'éteindre.....	101
2.2.4	Les incendies de véhicules, aussi bien thermiques qu'électriques peuvent dégager des fumées toxiques.....	103
2.3	Les engins mobiles électriques peuvent conduire à des incendies violents	105
2.4	Les bus électriques méritent une attention particulière.....	107
2.5	Les poids lourds électriques méritent également une attention particulière	109
2.6	Les stockages d'énergie stationnaires utilisant des batteries peuvent également présenter des risques importants	110
Annexe 3 . Les différents types et modes de recharge et leurs protections		113
3.1	Les différents types de recharge	113
3.2	Les protections liées à un point de recharge normale.....	114
3.3	Les protections liées à un point de recharge rapide ou à haute puissance	114
3.4	Les différents modes de recharge.....	114
Annexe 4 . Les réglementations étrangères.....		116
Annexe 5 . Les différentes réglementations existantes aujourd'hui en France pour les parkings couverts : quelques éléments de comparaison.....		123
Annexe 6 . Glossaire des sigles et acronymes.....		127

Résumé

a) Le véhicule électrique devrait se développer très fortement dans les prochaines années et remplacer progressivement dans les parkings les véhicules thermiques. Le déploiement de points de recharge dans les parcs de stationnement couverts devrait s'accroître en parallèle : ce déploiement pose cependant la question de la protection incendie des points de recharge, qu'ils soient lents ou rapides. Par lettre du 24 novembre 2021, la ministre de la transition écologique, le ministre de l'intérieur, le ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique chargé des transports, ont donc demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable et à l'Inspection générale de l'administration de diligenter une mission relative aux mesures de protection contre l'incendie à prendre lors de l'installation d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques dans les parcs de stationnement couverts.

b) Un feu de véhicule représente une intervention banale aujourd'hui pour les sapeurs-pompiers : environ 130 à 150 véhicules thermiques brûlent chaque jour en France, L'intervention dans un parc de stationnement couvert est cependant nettement plus délicate compte-tenu de l'opacité des fumées. Dans le passé, il était considéré que le risque d'incendie dans un parc de stationnement couvert, ne pouvait être écarté, ne serait-ce que pour des raisons d'origine criminelle, mais que les usagers du parking avaient le temps de quitter les lieux si bien qu'un tel incendie ne créait généralement pas de victimes. En outre, la principale conviction était que le feu allait être limité à quelques véhicules et que ses conséquences seraient donc limitées. Un parc de stationnement dans un bâtiment résidentiel ne contient donc aucun dispositif de détection.

c) Les incendies survenus, dans les dix dernières années montrent que cette conception est devenue obsolète :

- les dispositifs de protection actuels dans les parkings couverts ne suffisent pas à prévenir des feux de grande ampleur qui vont endommager plusieurs dizaines (cf. incendie du parking de la place Vendôme) ou plusieurs centaines de véhicules [cf. incendies des parcs de stationnement des Salinières à Bordeaux (2017) et de l'aéroport de Stavanger en Norvège (2020)], voire en impliquer plus de mille [cf incendies de Liverpool (2017)] ;
- ces feux de véhicules (indépendamment de la présence ou non de véhicules électriques) peuvent conduire à l'endommagement de la structure voire à son effondrement partiel ;
- l'effondrement des structures peut conduire à la mort des pompiers engagés dans la lutte contre le sinistre.

La principale cause de cette évolution réside dans la part de plus en plus grande occupée par les matériaux plastiques dans la composition des véhicules actuels et dans l'augmentation de la largeur des véhicules particuliers, qui favorisent la propagation du feu. Un parking couvert peut de plus conduire à un effet four qui accélère encore cette propagation et à un « impossible opérationnel » dans lequel les sapeurs-pompiers, confrontés à plusieurs dizaines de véhicules en feu, ne parviennent pas à maîtriser l'incendie et n'ont d'autre choix que de le laisser se poursuivre pendant plusieurs heures (en limitant si possible l'arrivée d'oxygène), ce qui peut menacer la stabilité du bâtiment, voire entraîner son effondrement.

d) Le passage du véhicule thermique à l'électrique ne conduit pas à un risque d'incendie supérieur : la probabilité d'incendie d'un véhicule électrique est nettement plus faible que pour un véhicule thermique ou pour un véhicule hybride et son potentiel calorifique est du même ordre de grandeur. Les rappels effectués par plusieurs constructeurs automobiles ces dernières années montrent cependant la possibilité de défauts de fabrication des batteries pouvant conduire à un incendie. Le comportement au feu d'un véhicule électrique, différent de celui d'un véhicule thermique, rend

l'intervention des sapeurs-pompiers plus difficile : l'incendie d'un véhicule électrique dure plus longtemps, 2h30 contre 28mn pour un véhicule thermique selon les chiffres de la BSPP, peut reprendre plusieurs heures après une première extinction et peut demander de grandes quantités d'eau.

e) La recharge normale (puissance inférieure ou égale à 22 kW) d'un véhicule électrique (dont la batterie ne comporte pas de défaut de fabrication et n'a pas subi de choc) présente peu de risques lorsqu'elle est effectuée sur un point de recharge normale dont l'installation est conforme à la réglementation. Elle est de fait beaucoup plus sûre qu'une recharge s'effectuant à partir d'une prise standard classique (prise E/F non renforcée) ou utilisant un câble de rallonge inadapté, qui sont des pratiques à proscrire. La recharge rapide d'un véhicule électrique ne présente probablement pas, non plus, beaucoup de risques. Mais compte-tenu de courants plus forts et d'une chaleur dégagée plus importante, la mission prend une posture de précaution en proposant de renforcer la protection incendie associée aux bornes de recharges rapides. Cette précaution, que certains pourront juger excessive, pourra être relâchée dans un délai de deux à trois ans en l'absence d'incident particulier.

f) Administrativement, la protection contre l'incendie des parkings couverts est aujourd'hui éclatée entre plusieurs réglementations non homogènes entre elles dont la parution a été étalée dans le temps et qui ne prennent pas en compte la possibilité d'un incendie se propageant à plusieurs dizaines de véhicules. De plus, les commissions de sécurité adoptent, pour les parcs recevant du public, des solutions en aggravation/ atténuation qui, bien que réglementaires, sont perçues comme autant d'approches hétérogènes.

g) L'analyse de la réglementation étrangère menée par la mission montre que les incendies survenus sur les parcs de stationnement de Liverpool et de l'aéroport de Stavanger à Sola en Norvège ont conduit à la prise de conscience brutale, principalement de la communauté anglo-saxonne du feu, de l'inadaptation des dispositifs de protection contre l'incendie dans certains parkings. Celle-ci a conduit à un renforcement aux États-Unis du déploiement du *sprinklage*¹ dans les parkings couverts qui n'étaient pas équipés et à un programme de recherche complémentaire pour mieux apprécier notamment son efficacité dans les parkings couverts, largement ventilés. Par ailleurs, au-delà des normes relatives à l'installation des bornes de recharge et du réseau électrique, aucun des pays examinés par la mission (hormis la Belgique) ne prend de mesures particulières sur la protection incendie dans les parkings en raison de la présence de véhicules électriques. La mission n'a pas trouvé de prescriptions particulières relatives à la protection incendie des parkings en relation avec le déploiement de bornes de recharges rapides.

g) Dans ces conditions, la mission recommande :

- de redéfinir des scénarios de référence pour le risque incendie dans les parcs de stationnement ;
- de mettre en place un suivi statistique et analytique des incendies des véhicules électriques afin de s'assurer que les constructeurs prennent les mesures adéquates en cas de défaut constaté et de vérifier que les protections internes d'une batterie vieillissante en empêchent l'utilisation avant que des risques d'incendie n'apparaissent ;
- de revenir à une doctrine nationale globale clairement définie pour la protection incendie de l'ensemble des parcs de stationnement et à un règlement de sécurité unique comprenant des dispositions générales et des dispositions particulières suivants les types de parcs de stationnement (parc situé dans un immeuble de grande hauteur (IGH), parc, largement ventilé

¹ Sprinklage : une extinction automatique à eau, dénommée aussi sprinkler ou gicleur au Canada, est un appareil d'extinction se déclenchant en cas de chaleur excessive dans un local ou un site à protéger lors d'un incendie. Source Wikipédia https://fr.wikipedia.org/wiki/Extincteur_automatique_%C3%A0_eau

ou non, recevant du public (ERP), parc dans un bâtiment à usage professionnel (BUP) ou dans un immeuble d'habitation) ;

- et de renforcer la protection incendie dans l'ensemble des parcs de stationnement :

Principes de renforcement de la protection incendies des parcs de stationnement (NB : le détail des mesures figure dans le rapport lui-même)	
Parkings ERP, IGH, BUP, ou sous construction autre (centre commercial, hôtel) neufs ou existants	Dispositifs d'alarme et d'extinction automatique obligatoires pour les parcs neufs et, avant 2030, pour les existants
Parkings résidentiels neufs	Dispositif d'alarme incendie + extinction alimentée par une colonne horizontale sèche associée à un compartimentage
Parkings résidentiels existants	Obligatoire : Mise en place d'un dispositif d'alarme incendie conduisant à l'appel des secours après vérification de l'alarme. Conseil : colonne horizontale sèche et/ou compartimentage

- d'inscrire dans la réglementation, de l'UE et/ou de la CEE-ONU, l'obligation pour les véhicules légers, de pouvoir permettre l'extinction rapide d'un feu se produisant à l'intérieur de la batterie du véhicule par des secours extérieurs et une obligation similaire pour un véhicule électrique lourd (cas, bus autocar, poids lourd) à l'aide d'un système embarqué ;
- d'autoriser le déploiement des points de recharge électrique normale (jusque 22 kW) dans l'ensemble des parcs de stationnement couverts et de n'autoriser, dans une démarche de précaution, le déploiement des points de recharge rapide (supérieure à 22kW) que de manière limitée dans ces mêmes parkings ;
- de doter les sapeurs-pompiers d'un appareil portatif mesurant la concentration en fluorure d'hydrogène lors d'un incendie de véhicules dans un parc de stationnement.

h) Certaines batteries d'engins mobiles électriques (trottinettes, bicyclettes, *hoverboard* ...) ont récemment provoqué des incendies avec des victimes. La mission insiste donc sur l'idée que leur recharge si elle intervient en parking ne doit se faire que dans des locaux à protection renforcée (y compris en parking résidentiels).

i) La mission recommande de créer le groupe de travail interministériel, envisagé conjointement par la DSGSCGC et la DGALN, pour mener à bien le chantier réglementaire de l'harmonisation des réglementations incendie dans les différents parcs de stationnement.

Liste des recommandations

- Recommandation 1. MISE EN PLACE D'UN SUIVI DES INCENDIES DE VEHICULES ELECTRIQUES ET D'UN TRAITEMENT DE L'INFORMATION.** Mettre en place au sein de l'administration un suivi statistique des incendies intervenant sur les véhicules automobiles aussi bien thermiques qu'électriques (en circulation, à l'arrêt, en charge) (DGSCGC).....30
- Recommandation 2. MISE EN PLACE D'UN LIEU D'ANALYSE DES INCENDIES DE VEHICULES ELECTRIQUES** Mettre en place un lieu d'analyse des incendies de véhicules électriques afin de s'assurer que les constructeurs prennent toutes les dispositions nécessaires à les éviter (DGSCGC, DGEC en lien avec l'INERIS, le BEA-TT et la DGCCRF). Un partenariat pourrait être conclu avec les représentants des assurances (France assureurs) pour identifier les sinistres dont les causes sont directement liées aux véhicules électriques.....30
- Recommandation 3. MODIFICATION DE LA REGLEMENTATION DES VEHICULES.** Imposer par la réglementation, de l'UE et/ou de la CEE-ONU, aux constructeurs de VP et de VUL de pouvoir éteindre dans des délais de l'ordre de quelques minutes et avec une quantité d'eau de l'ordre de quelques centaines de litres un feu de véhicule électrique se déclarant dans la batterie : ce pourrait être dans un premier temps un critère de notation d'Euro NCAP. Imposer le même objectif aux constructeurs de bus et de PL à l'aide de dispositifs embarqués. (DGEC et DGE)32
- Recommandation 4. INTERVENTION DES SAPEURS-POMPIERS.** Mesurer la concentration en fluorure d'hydrogène à l'aide d'un appareil portatif lors d'un incendie de véhicules dans un parc de stationnement.32
- Recommandation 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.....47
- Recommandation 6. MATERIEL D'INTERVENTION.** Doter les parcs de stationnement de tous types (ERP, IGH, BUP, Habitation) ainsi que les véhicules des services de secours des couvertures anti feu adaptées (type matériau fibre de verre - care fire blankets) permettant de ralentir la propagation du feu et de réduire les températures atteintes (DGSCGC).47
- Recommandation 7. DIMENSIONNEMENT DE LA PROTECTION INCENDIE** Redéfinir les scénarios de référence des incendies dans les parcs de stationnement (ouverts ou couverts) et les calculs de résistance au feu en prenant un nombre plus important

de véhicules (modélisés conformément à leurs caractéristiques actuelles) et une vitesse de propagation plus rapide qui pourrait croître avec la puissance du feu.54

Recommandation 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)54

Recommandation 9. RENFORCEMENT DE LA PROTECTION INCENDIE DES PARCS DE STATIONNEMENT Adopter une doctrine nationale globale clairement définie pour la protection incendie de l'ensemble des parcs de stationnement et un règlement de sécurité unique comprenant des dispositions générales et des dispositions particulières suivants les types de parcs de stationnement (IGH, ERP, ERP largement ventilés, BUP, Habitation), clarifier le statut des dispositions du guide PS (en les intégrant dans la réglementation) et recréer une commission nationale de sécurité chargée de préciser l'interprétation de la réglementation.....56

Principes de renforcement de la protection incendies des parcs de stationnement	
(NB : le détail des mesures figure dans le rapport lui-même)	
Parkings ERP, IGH, BUP, ou sous construction autre (centre commercial, hôtel) neufs ou existants	Dispositifs d'alarme et d'extinction automatique obligatoire pour les parcs neufs et, avant 2030, pour les existants
Parkings résidentiels neufs	Dispositif d'alarme incendie + extinction alimentée par une colonne horizontale sèche associée à un compartimentage
Parkings résidentiels existants	Obligatoire : Mise en place d'un dispositif d'alarme incendie conduisant à l'appel des secours après vérification de l'alarme. Conseil : colonne horizontale sèche et/ou compartimentage

Recommandation 10. DEPLOIEMENT DES BORNES DE RECHARGE. Autoriser le déploiement des points de recharge électrique normale (jusque 22 kW) dans l'ensemble des parcs de stationnement couverts. Autoriser, dans une démarche de précaution, le déploiement des points de recharge rapide (supérieure à 22kW) ; i) au niveau de référence ainsi qu'à chacun des niveaux situés au-dessus et en-dessous de celui-ci pour les parcs couverts munis d'une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkler, ou brouillard d'eau, de type ERP, BUP et IGH et ii) dans les parkings privés, au niveau de référence, à l'intérieur de compartiments limités à quelques véhicules (de l'ordre de cinq à six) et bénéficiant d'un système de détection et d'extinction automatique. Réexaminer les dispositions relatives aux points de recharge rapide à partir de 2025 au vu du retour d'expérience et en l'absence de sinistre majeur.66

Recommandation 11. RECHARGE DES BATTERIES DES ENGINES MOBILES ELECTRIQUES. N'autoriser la recharge des engins mobiles (électriques, vélos,

trottinettes, hoverboards ...) dans des parcs de stationnement couverts que dans des locaux spécifiques bénéficiant d'une protection incendie similaire aux articles CO 27 à 29 du règlement ERP.....67

Recommandation 12. FORMATION DES SAPEURS-POMPIERS. La mission recommande à la DGSCGC de renforcer la formation des sapeurs-pompiers vis-à-vis de l'incendie des véhicules, thermiques et électriques, dans les parkings couverts ainsi que de la réalisation du bilan action/risques pour les secours pouvant les conduire à reconnaître une situation « d'impossible opérationnel ».....67

Recommandation 13. MISE A JOUR ET RENFORCEMENT DE LA REGLEMENTATION
Mettre en place le groupe de travail interministériel, envisagé par conjointement par la DGSCGC et la DGALN, pour mener à bien le chantier réglementaire de l'harmonisation des réglementations incendie sur les parcs de stationnement68

Introduction

Par lettre du 24 novembre 2021, la ministre de la transition écologique, le ministre de l'intérieur, le ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique chargé des transports, ont demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable et à l'Inspection générale de l'administration de diligenter une mission relative au déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques dans les parcs de stationnement.

La croissance exponentielle du véhicule électrique

Un développement extrêmement important du véhicule électrique est attendu dans les années à venir pour lutter contre le changement climatique. La loi énergie climat adoptée en 2019² a fixé un objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050, repris pour les transports dans la loi d'orientation des mobilités³. À cette fin, la stratégie nationale bas carbone⁴ prévoit de ne plus utiliser d'hydrocarbures d'origine fossile dans le secteur du transport : en conséquence, la loi d'orientation des mobilités a retenu un objectif d'interdiction de la vente des véhicules thermiques neufs utilisant des combustibles d'origine fossile à 2040. La Commission, dans son paquet *Fit for 55* de juillet 2021, a proposé d'avancer cette date pour toute l'Union européenne à 2035 : cette mesure a été adoptée par le Parlement européen début juin 2022, puis par le Conseil environnement le 29 juin⁵. À un horizon plus rapproché, dès 2024, les véhicules diesels seront interdits dans la Métropole du Grand Paris. Plus généralement, la généralisation des zones à faible émission (ZFE-m) dans un nombre de plus en plus grand d'aires urbaines devrait conduire à restreindre l'utilisation de véhicules âgés et polluants en faveur des véhicules récents, notamment électriques.

Même si d'autres carburants neutres en carbone sont possibles, les véhicules particuliers (VP) électriques ainsi que les véhicules utilitaires légers (VUL) électriques devraient donc se développer très fortement dans les prochaines années et prendre place progressivement dans les parcs de stationnement en remplacement des véhicules thermiques. De 2020 à 2021, le nombre de véhicules électriques vendus dans le monde a doublé : 6,5 millions de véhicules électriques (entièrement électriques ou hybrides rechargeables) ont ainsi été vendus en 2021, ce qui représente 9,5 % du total des ventes. En France, les ventes de VE ont triplé de 2019 à 2020 et ont encore augmenté de 70 % de 2020 à 2021 : elles atteignent désormais en 2021 le chiffre de 310 000 soit 18,5 % des ventes.

Un développement parallèle des bornes de recharge, normales et rapides, est nécessaire pour permettre celui des véhicules électriques : l'expérience montre de plus que la recharge lente à domicile la nuit constitue généralement le principal moyen de recharger son véhicule.

² Loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat

<https://www.legifrance.gouv.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000038430994/>

³ Loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités

<https://www.legifrance.gouv.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000037646678/>

⁴ La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique.

⁵ L'accord trouvé prévoit que la Commission européenne évalue, en 2026, les progrès réalisés vers l'objectif de réduction à zéro des émissions de CO₂ ainsi que le besoin de réexaminer ces objectifs en tenant compte des développements technologiques.

La mise en place progressive des bornes de recharge dans les parkings résidentiels : du droit à la prise à l'équipement collectif

Le législateur a mis en place très rapidement un droit à la prise : dès la loi Grenelle II⁶ de 2010, un cadre pour faciliter l'installation de bornes de recharge dans les parkings d'habitat collectif a été adopté. Cette loi impose, à partir de 2012, lors de la construction d'immeubles avec parking, un pré-équipement pour faciliter la mise en place de bornes de recharge. Elle crée de plus un véritable « droit à la prise » dans les bâtiments neufs au profit des copropriétaires et des locataires : le locataire dispose en effet d'un droit à l'installation à ses frais des équipements de recharge nécessaires et ni le propriétaire, ni le syndicat de copropriété ne peuvent s'y opposer sauf exceptions. Ce droit trouve son aboutissement dans la loi d'orientation des mobilités, dite loi LOM⁷, qui permet aux occupants des places de parkings de bénéficier de ce droit, même s'ils n'occupent pas un logement dans le bâtiment correspondant.

Ce droit à la prise qui permet à chacun de se raccorder aux services généraux de la co-propiété trouve cependant rapidement ses limites : **la puissance électrique disponible dans le parking risque de ne plus être suffisante au fur et à mesure des raccordements** ; de plus, elle risque d'être fort coûteuse. Une solution individuelle oblige en effet l'utilisateur à se raccorder à ses frais au réseau électrique commun. Il est de fait préférable que la copropriété réalise une évolution de l'architecture électrique du parking en étendant le réseau commun pour permettre aux premiers demandeurs de rapidement installer une borne de recharge au meilleur coût, et d'offrir aux suivants la sérénité de n'avoir plus qu'à poser une simple prise de recharge sur leur place de stationnement⁸.

Cette évolution est visible dès la loi de 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) : son décret d'application⁹ prévoit le nombre de places dédiées à la recharge et l'installation d'un pré-équipement nécessaire à l'installation de bornes de recharge, en l'occurrence de circuits électriques dédiés et suffisants pour des points de charge d'une puissance nominale de 7,4 kW ou 22 kW¹⁰ et précise les infrastructures minimales à déployer lors de la construction des bâtiments correspondants (habitat collectif, industriel, services publics, commerces et lieux culturels). Cette évolution est confirmée par les articles 64 et 69 de la loi précitée d'orientation des mobilités (LOM). Le premier oblige, lors de la construction ou la rénovation du parking d'un bâtiment résidentiel de pré-équiper 100 % des places, et prévoit la prise en charge d'une partie des financements du raccordement aux réseaux publics de distribution d'électricité des infrastructures de recharge des véhicules électriques. Le second étend cette obligation aux parkings extérieurs et donne une meilleure définition des relations entre propriétaires et prestataires.

⁶ Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022470434/>

⁷ Loi n°2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039666574/>

⁸ <https://mobileese.com/installer-borne-recharge-copropriete>

⁹ Décret n°2016-968 du 13 juillet 2016 relatif aux installations dédiées à la recharge des véhicules électriques ou hybrides rechargeables et aux infrastructures permettant le stationnement des vélos lors de la construction de bâtiments neufs. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000032894192/>

¹⁰ Selon le décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs, un point de recharge normale est un point de recharge permettant le transfert d'électricité vers un véhicule électrique à une puissance inférieure ou égale à 22 kW. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033860620/>

L'article 111 de la loi Climat et résilience¹¹ d'août 2021 marque enfin une avancée majeure dans la possibilité d'équiper le résidentiel collectif. Cet article met en place en effet un mécanisme de financement pour le propriétaire ou le syndicat de copropriétaires qui font le choix de faire installer une infrastructure collective de recharge par le gestionnaire du réseau de distribution d'électricité : la loi prévoit que le coût de raccordement et d'installation de l'équipement collectif sera ainsi pris en charge par le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE)¹² et qu'un « remboursement » sera réalisé au fur-et-à-mesure par les contributions des utilisateurs des bornes de recharge. Ainsi, le coût d'installation du raccordement collectif ne pèsera ni sur le syndic ni sur les copropriétaires. Les copropriétaires souhaitant se raccorder à l'installation collective devront simplement supporter les frais d'installation de leur borne individuelle, de leur raccordement à l'infrastructure collective de recharge et de cette contribution additionnelle.

L'équipement obligatoire des parkings en bornes de recharge

L'article 41 de la LTECV d'août 2015¹³ a retenu comme objectif l'installation, d'ici à 2030, d'au moins sept millions de points de charge installés sur les places de stationnement des ensembles d'habitations, d'autres types de bâtiments, ou sur des places de stationnement accessibles au public ou des emplacements réservés aux professionnels

La LOM a fixé pour 2025 l'équipement obligatoire des parcs de stationnement des bâtiments non résidentiels. La loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets étend cette disposition aux parcs de stationnements de plus de 20 places, gérés en délégation de service public, en régie ou via un marché public. Dans ces parcs, un point de recharge par tranche de 20 emplacements sera obligatoire en 1er janvier 2025 ou lors du renouvellement des marchés publics.

L'article 11 de cette même loi permet de plus une certaine souplesse dans l'application puisque les collectivités compétentes peuvent répartir les infrastructures de recharge dans les parcs de stationnement de leur territoire pour prendre en compte la réalité des besoins des usagers, les difficultés techniques d'implantation ou les coûts d'aménagement. Dans ce cas, le respect des règles relatives au nombre de points de charge par tranche de vingt emplacements est apprécié sur l'ensemble des parcs concernés par cette répartition.

¹¹ Loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. L'article 111 ajoute notamment, après l'article L. 342-3 du code de l'énergie, un article L. 342-3-1 ainsi rédigé : « Art. L. 342-3-1.-A l'exception des cas où il est nécessaire d'entreprendre des travaux d'extension ou de renforcement du réseau de distribution d'électricité ou des travaux de génie civil importants, le délai d'installation d'une infrastructure collective relevant du réseau public d'électricité permettant l'installation ultérieure de points de recharge pour véhicules électriques ou hybrides rechargeables mentionnée à l'article L. 353-12 ne peut excéder six mois à compter de l'acceptation, par le demandeur, de la convention de raccordement ».

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

¹² Avec l'ouverture à la concurrence du marché de l'électricité, les pouvoirs publics ont instauré un tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE). Ce tarif permet à Enedis de couvrir le coût des missions dont elle a la charge et notamment de financer l'exploitation, le développement et l'entretien des réseaux de distribution publique d'électricité. Il lui permet aussi d'agir en faveur de la transition énergétique. Pour les clients particuliers, ce tarif représente environ 30 % de la facture d'électricité TTC. Source Enedis ; <https://www.enedis.fr/le-tarif-dacheminement-de-lelectricite-turpe>

¹³ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte,

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031044385/>

Ces mesures nationales correspondent notamment à la transcription dans le droit français de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments¹⁴ entrée en vigueur le 1er janvier 2020. Cette dernière prévoit que les nouveaux bâtiments publics doit disposer d'au moins un point de recharge : il en est de même pour les commerces et les bureaux équipés de plus de dix places de stationnement. En cas de rénovation, les gestionnaires sont dans l'obligation de pré-équiper 20 % du parc de stationnement.

Une réglementation incendie des parcs couverts de stationnement éclatée, hétérogène et complexe, qui est appliquée de manière différenciée par les commissions de sécurité suivant les territoires et qui limite aujourd'hui le développement homogène des bornes de recharge

La réglementation relative à la protection incendie des parcs de stationnement trouve son origine dans la loi du 19 décembre 1917 relative aux établissements dangereux¹⁵ : la présence de liquides inflammables conduisait à considérer les garages de voitures automobiles comme dangereux. Pendant très longtemps, l'ensemble des parcs de stationnement ont ainsi relevé des mêmes textes réglementaires : cette réglementation a trouvé son aboutissement dans la circulaire interministérielle du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts¹⁶ qui précise toutefois que son application devra faire l'objet de textes complémentaires pour les parcs de stationnement recevant du public, dans les parkings situés dans des immeubles de grande hauteur ainsi que dans les parcs privés, annexes des habitations.

Les parcs de stationnement : quelques définitions

L'article PS 3 de l'arrêté modifié du 9 mai 2006 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (parcs de stationnement couverts) (ERP) donne les définitions suivantes : *Parc de stationnement* : établissement couvert surmonté d'un plancher, d'une toiture, d'une terrasse ou d'une couverture quelle que soit sa nature. Il est destiné au remisage des véhicules à moteur et de leur remorque. Le plancher supérieur ou la terrasse peut aussi être destiné au remisage des véhicules ;
NB : L'article 78 de l'arrêté du 31 janvier 1986¹⁷ relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation en donne une définition légèrement différente :

¹⁴ Directive (UE) 2018/844 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037189137>

¹⁵ Ce paragraphe s'inspire très largement du guide PS *Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public*, Version 2 (janvier 2018), DGSCGC, <https://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile/Documentation-technique/Les-sapeurs-pompiers/La-reglementation-incendie/Securite-incendie-dans-les-parcs-de-stationnement-couverts-ouverts-au-public>

¹⁶ Circulaire du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000661663/>

¹⁷ Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000474032/>

« Un parc de stationnement est un emplacement couvert, annexe d'un ou de plusieurs bâtiments d'habitation qui permet le remisage, en dehors de la voie publique, des véhicules automobiles et de leurs remorques, à l'exclusion de toute autre activité. Il peut se trouver dans un bâtiment d'habitation, en superstructure ou en infrastructure ou sous un immeuble bâti ».

Parc de stationnement mixte : parc disposant de niveaux de stationnement superposés en infrastructure et en superstructure¹⁸ ;

Parc de stationnement largement ventilé : parc de stationnement à un ou plusieurs niveaux, ouvert en façades et remplissant simultanément les conditions suivantes :

- à chaque niveau, les surfaces d'ouverture dans les parois sont placées au moins dans deux façades opposées. Ces surfaces sont au moins égales à 50 % de la surface totale de ces façades. La hauteur prise en compte est la hauteur libre sous plafond ;

- la distance maximale entre les façades opposées et ouvertes à l'air libre est inférieure à 75 mètres ;

- à chaque niveau, les surfaces d'ouverture dans les parois correspondent au moins à 5 % de la surface de plancher d'un niveau ;

Niveau de référence¹⁹ : c'est le niveau de la voirie desservant la construction et utilisable par les engins des services de secours et de lutte contre l'incendie ; s'il y a deux accès par des voies situées à des niveaux différents, le niveau de référence sera déterminé par la voie la plus basse pour un parc souterrain ou par la voie la plus haute pour un parc en superstructure.

Le présent rapport parlera également de parcs de stationnement ouverts : les incendies de Liverpool et de l'aéroport de Stavanger à Sola (Norvège) concernent en effet des parkings ouverts, *Open parking structures* en anglais. Leur définition varie suivant les pays. La réglementation américaine, en l'occurrence la norme NFPA 88A, distingue de fait les parcs de stationnement à configuration ouverte et ceux à configuration fermée en fonction de la fraction de surface de mur qui est directement ouverte sur l'extérieur. Une structure de stationnement ouverte est une structure avec « des ouvertures uniformément réparties sur deux côtés ou plus », avec au moins 20 % de la surface totale du périmètre extérieur et des murs intérieurs étant ouverts. Les ouvertures doivent également être réparties sur au moins 40 % de la longueur du périmètre du bâtiment, ou sur deux côtés opposés. Ainsi, les *Open parking structures* correspondent, en première approximation, aux parcs couverts largement ventilés de la réglementation française.

NB : un parking de plain-pied à l'extérieur, accueillant du public et dont la toiture est composée d'ombrières avec des panneaux photovoltaïques, fait ainsi partie des parcs de stationnement relevant de la réglementation ERP. Même si le rapport ne revient pas sur cette catégorie de parking, le retour d'expérience (RETEX)²⁰, rédigé par le SDIS de la Drôme, à la suite de l'incendie survenu le 4 août 2019 sur le parc de stationnement de la gare TGV de Valence, montre que de telles structures sont susceptibles de prendre feu et que des dispositions sont à prendre pour en limiter l'extension et les conséquences.

La création en 1976 de la législation sur les installations classées pour l'environnement (ICPE) va renforcer cette séparation entre des parcs relevant de la législation ICPE et des parcs (ERP, habitation, BUP, IGH) relevant d'autres textes. La protection contre l'incendie des parkings souterrains est aujourd'hui éclatée entre plusieurs réglementations dont la parution a été étalée dans le temps et qui, à l'exception

¹⁸ Un parc de stationnement sera dit en infrastructure lorsqu'il sera enterré ou en dessous du sol artificiel (par exemple sous une dalle), et en superstructure lorsqu'il sera en élévation à l'air libre.

¹⁹ Cf article 78 de l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000006828512

²⁰ http://pnrs.ensosp.fr/content/download/41362/679613/file/PEX_Incendie_Feu%20de%20VL%20et%20panneau_x%20photovoltaïques_SDIS%2026.pdf

de la réglementation ERP²¹ et ICPE, ne prennent en compte ni le risque lié aux véhicules électriques ni celui lié aux véhicules thermiques actuels :

- les parkings situés dans des bâtiments ou parties de bâtiment à usage professionnel (anciennement dénommés Établissements Recevant des Travailleurs) relèvent toujours de la circulaire interministérielle du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts portant instruction technique qui s'applique aux parkings recevant des travailleurs²². Comme le précise son article 2, **cette circulaire est destinée exclusivement aux véhicules thermiques (essence ou diesel)**. Les véhicules électriques, qui n'existaient pas à l'époque, sont exclus de fait du champ de l'application de cette circulaire ;
- la protection incendie des parkings privés couverts situés dans des bâtiments d'habitation est régie par les articles 77 à 96 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié²³ relatif à la protection incendie dans les bâtiments d'habitation. Celui-ci distingue :
 - des parcs de stationnement couverts de moins de 100 m² pour lesquels aucune disposition particulière n'est envisagée, au-delà de celles qui existent déjà dans des locaux n'accueillant pas de véhicules ;
 - ceux de plus de 100 m², destinés principalement à l'usage de leurs résidents, qui doivent bénéficier d'une protection incendie renforcée en termes notamment de résistance au feu des matériaux, de compartimentage et de mise en place de systèmes d'extinction automatique au-delà d'un certain nombre de niveaux ;
 - et enfin ceux de plus de 100 m² disposant de plus de 10 places utilisées pour une durée inférieure à 30 jours consécutifs par des personnes non-résidentes du bâtiment et dont on estime qu'elles ne connaissent pas suffisamment les différentes sorties : ces infrastructures sont dès lors classées comme des parcs de stationnement ERP et relèvent des textes présentés dans le paragraphe suivant ;
- les parcs de stationnement couverts ouverts au public ont continué, pour les plus importants d'entre eux, à relever de la réglementation ICPE jusqu'en juillet 2006. Depuis cette date, ils ont été inclus par l'arrêté du 9 mai 2006 dans le règlement de sécurité plus général contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP²⁴. Cette réglementation a été notablement renforcée en 2017 : face aux difficultés croissantes rencontrées par les sapeurs-pompiers lors des interventions dans les parcs de stationnement couverts et pour mieux prendre en compte les risques que comportent ces opérations, la direction générale de la sécurité civile et de la gestion de crise (DGSCGC) a piloté en 2016 une réflexion sur la protection incendie des parcs de stationnement, dite « mission PS », composée de 130 acteurs ;

²¹ Les établissements recevant du public (ERP) sont des bâtiments dans lesquels des personnes extérieures sont admises (à titre payant ou gratuitement, librement ou sur invitation). Les ERP sont classés en type suivant leur activité (hôtel, hôpital, restaurant, bureaux, ...) et en catégories (effectif du public reçu) qui définissent les exigences réglementaires applicables (type d'autorisation de travaux ou règles de sécurité par exemple) en fonction des risques (fonction sommeil, accessibilité, cheminements complexes...) Direction de l'information légale et administrative (Premier ministre), Ministère chargé de l'intérieur. <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F32351>

²² Notion d'ERT : établissements recevant des travailleurs vs ERP : établissements recevant du public.

²³ Arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000474032/>

²⁴ Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

- la réglementation relative aux immeubles de grande hauteur (IGH) date d'un arrêté de 2011²⁵. Se substituant à un arrêté du 18 octobre 1977, elle détaille le règlement de sécurité pour la construction et la prévention contre les risques d'incendie et de panique des futurs IGH. Cet arrêté n'est pas rétroactif et ne s'applique donc pas aux IGH construits avant 2011, sauf en cas de modifications ou de parties créées ;
- les ateliers de charge contenant au moins 10 véhicules de transport en commun de catégorie M2 ou M3²⁶ fonctionnant grâce à l'énergie électrique (avec une puissance supérieure à 600 kW²⁷) continuent de relever de la réglementation ICPE. L'arrêté correspondant²⁸, révisé en 2018, n'impose la présence de systèmes d'extinction automatiques que dans certaines conditions : les installations surmontées de locaux occupés par plus de 100 personnes employées par l'exploitant, pendant les opérations de charge des véhicules, sont équipées d'un système d'extinction automatique d'incendie.

Seules les réglementations ICPE et ERP (arrêté de 2006) ont été mises à jour récemment : cette dernière prend désormais en compte explicitement l'installation de bornes de recharge dans les parkings (par l'arrêté du 19 décembre 2017²⁹). Il convient cependant d'indiquer qu'il n'y a pas eu préalablement d'analyse du risque véhicule électrique antérieurement à la publication des modifications des différents textes relatifs aux parkings couverts.

L'article R 143-13 (anciennement article R123-13) du Code de la construction et de l'habitation³⁰ précise de plus que, dans le cas des parcs de stationnement couverts, ouverts au public : « *certaines établissements peuvent, en raison de leur conception ou de leur disposition particulière, donner lieu à des prescriptions exceptionnelles soit en aggravation, soit en atténuation ; dans ce dernier cas, des mesures spéciales destinées à compenser les atténuations aux règles de sécurité auxquelles il aura été dérogé peuvent être imposées* ». Ces mesures sont arrêtées pour les parkings ERP couverts après avis de la Commission locale de sécurité. L'inconvénient principal réside dans la difficulté pour les maîtres d'ouvrage qui veulent construire un nouveau parking EPR ou simplement le modifier en ajoutant par exemple des bornes électriques de recharge et qui sont soumis à l'avis d'une commission de sécurité de connaître

²⁵ Article GH 11 de l'arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique :

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025167121/>

²⁶ Les catégories M2 et M3 concernent les véhicules de transport en commun dont la capacité excède 8 places assises hors conducteur. Suivant leur poids, ils relèvent de la catégorie M2 (poids inférieur ou égal à 5 tonnes) ou M3 (poids supérieur à 5 tonnes).

²⁷ Conformément au décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 modifiant la nomenclature ICPE, ce seuil de 600 kW ne s'applique pas aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public définies par le décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/ UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs.

²⁸ Arrêté du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux ateliers de charge contenant au moins 10 véhicules de transport en commun de catégorie M2 ou M3 fonctionnant grâce à l'énergie électrique et soumis à déclaration sous la rubrique no 2925 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037311523>

²⁹ Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061>

³⁰ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043818963

les mesures qu'ils doivent mettre en œuvre : les commissions de sécurité adoptent, à partir des réglementations incendies, des solutions en aggravation/ atténuation qui sont perçues comme autant d'approches hétérogènes. À titre d'exemple, le service départemental d'incendie et de secours de la Gironde (SDIS 33) (qui a été confronté au feu de parking des Salinières) et la brigade des sapeurs-pompiers (BSPP) (s'appuyant notamment sur le guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public) s'appuient légitimement sur leur expérience opérationnelle, ainsi que sur leur retour d'expérience et leur analyse des risques et de leurs conséquences pour fournir leurs préconisations aux commissions de sécurité. Cette approche est parfois perçue comme maximaliste par les exploitants de parking.

Le plan du rapport

Le présent rapport est organisé en deux parties :

- la première présente l'état actuel des connaissances sur les risques d'incendie à la fois dans les parcs de stationnement et sur les véhicules électriques : il donne à cette occasion le retour d'expérience tiré de plusieurs incendies récents ;
- la seconde suit une démarche de sûreté classique : elle envisage d'abord la manière de réduire le risque d'incendie dans les parcs de stationnement et propose un certain nombre de mesures en ce sens, puis considère les dispositions prises pour la protection incendie dans les réglementations étrangères et française, et énonce un certain nombre de principes destinés à renforcer cette protection et à l'homogénéiser entre les différents types de parkings existants.

Il comprend en outre :

- un résumé de trois pages en tête du rapport ;
- une synthèse technique de sept pages en annexe trois.

Les annexes contiennent le détail des risques d'incendie présentés par les batteries et les véhicules électriques, les différents types de recharge, un descriptif de plusieurs réglementations étrangères, un tableau de comparaison des réglementations françaises relatives à la protection incendie des différents types de parcs de stationnement ainsi qu'un glossaire des sigles et acronymes.

1 Le risque incendie dans les parkings couverts a augmenté avec les véhicules actuels

Plusieurs incendies récents survenus dans des parkings, couverts ou non, montrent que la protection contre l'incendie de ces ouvrages doit être notablement renforcée : c'est l'objet de la première partie de ce chapitre.

La seconde partie examinera d'abord les spécificités propres au véhicule électrique et à sa batterie et complètera ainsi la manière dont la protection incendie pourrait être renforcée dans les parkings couverts.

1.1 Le risque d'incendie dans les parkings est aujourd'hui dominé par la présence du plastique dans les véhicules actuels et conduit à des incendies difficilement maîtrisables

Avant d'étudier les risques spécifiques aux parkings couverts, ce paragraphe considère tout d'abord le retour d'expérience des incendies de parking observés ces dernières années : les incendies des parkings de Liverpool et de celui des Salinières, ont en effet conduit au constat de l'insuffisance des protections incendie actuelles pour prévenir des feux majeurs et à la prise de conscience dans un certain nombre de pays (États-Unis, Royaume-Uni entre autres) qu'il fallait faire évoluer la réglementation.

La prise de conscience a sans doute été moins importante en France, hormis parmi les professionnels en particulier les SDIS, à la suite des incendies de la place Vendôme (Paris/ BSPP) et du parking des Salinières (SDIS de la Gironde) dans la mesure où, à la différence des grands incendies survenant dans les pays étrangers, il n'existe pas en France de rapport public détaillé relatif à ces deux incidents. Par ailleurs, la DGSCGC, chargée du pilotage et du suivi opérationnel des services de secours en France, ne dispose pas à ce jour d'outil statistique de suivi des incendies d'origine électrique ainsi que de suivi des retours d'expérience des incendies de parkings en France ou à l'étranger.

Ce rapport ne traitera pas donc de l'incendie intervenu dans le parking de la place Vendôme le 8 mars 2012 : sa prise en compte aurait pourtant été riche d'enseignements. Ce feu a été en effet précurseur à bien des égards : la difficulté de maîtriser l'incendie, son extension à une trentaine de véhicules, les risques d'effondrement sont en effet des points qui vont être observés de manière récurrente dans les années qui vont suivre.

Par contre, il serait souhaitable que la DGSCGC publie des analyses détaillées (ce qui a été fait par le SDIS 33 pour l'incendie du parc des Salinières³¹) des principaux incendies de parcs de stationnement survenant en France (ou à l'étranger) et mette en place une base de données des feux de véhicules électriques partagée avec les autres directions générales concernées, notamment la DGPR, la DGEC et la DHUP.

³¹ Retour d'expérience des interventions marquantes du Sdis : feu de parking souterrain des Salinières : document rédigé par le service départemental d'incendie et de secours de la Gironde.

<https://unsa-sdis33.fr/wp-content/uploads/2019/07/Feu-de-parking-sous-terrain-Les-Salinières.pdf>

1.1.1 Plusieurs incendies majeurs sont intervenus récemment dans des parkings couverts

Plusieurs incendies marquants sont intervenus ces dernières années dans les parcs de stationnement couverts ou ouverts. Leur analyse, présentée dans un ordre chronologique, est riche d'enseignements :

- **L'incendie du parking souterrain de Gretzenbach (Suisse, 2004)** : l'incendie, *a priori* de faible ampleur et ne portant que sur trois véhicules, se déclenche dans un parking souterrain surmonté d'un terrain de jeu : **l'effondrement de la salle supérieure (sous le poids probablement de la terre) quatre-vingt-dix minutes après l'origine de l'incendie entraîne la mort de sept sapeurs-pompier** ;
- **L'incendie du parking ouvert de Liverpool (31 décembre 2017)** : l'incendie survient le 31 décembre 2017 vers 16h40 dans un parking ouvert de huit étages, le dernier étant à l'air libre, situé à Liverpool : il va durer une quarantaine d'heures jusqu'au 2 janvier vers 7 heures du matin. **Le feu démarre au troisième étage (apparemment sur une Land Rover thermique) et va se propager à l'ensemble du parking détruisant environ 1150 véhicules, entraînant la disparition du béton entre certains étages et conduisant ensuite à la destruction du bâtiment.** Après deux heures de lutte contre l'incendie, les pompiers, confrontés à des températures de 2 000°F (1 100°C) et à des projections de nature diverses (éclatements de pneus notamment) vont se retirer et laisser le feu se poursuivre. Cet incendie ne provoque aucune victime. Il survient pendant le *Liverpool International Horse Show* si bien que le rez-de-chaussée du parking servait d'écurie pour les chevaux participant au festival : ceux-ci ont pu être évacués sans difficulté. Dans ses conclusions, le *Merseyside Fire and Rescue Service*³² souligne que la rupture des réservoirs en plastique de véhicules thermiques a vraisemblablement favorisé la propagation du feu, que la propagation d'un véhicule à l'autre était très rapide (après son démarrage, le feu semblait se propager à un nouveau véhicule toutes les trente secondes en enjambant les places vides) et insiste sur l'utilité du *sprinklage* (qui était absent dans ce type de parking) qui aurait pu retarder le développement de l'incendie et qui aurait éventuellement pu permettre aux pompiers de le maîtriser. Le coût total de l'incendie pour les assurances aurait été selon certaines estimations³³ de 25 M\$ (à comparer à l'ensemble des coûts pour les assurances liés aux incendies dans des parcs de stationnement payants aux États-Unis estimée en moyenne à 22,8 M\$ sur la période 2014-2018³⁴) ;
- **L'incendie du parking couvert de Choisy-le-Roi (11 janvier 2018)** : l'incendie survient dans le parking souterrain présent sous la dalle du centre commercial. L'intervention des sapeurs-pompier est difficile en raison du manque de visibilité et, semble-t-il, de l'origine multiple de l'incendie (dont la cause est probablement criminelle) : un sapeur-pompier est pris d'un malaise cardiaque lors de l'attaque du feu et décède peu après. Les habitants des immeubles présents au-dessus du sinistre sont évacués par crainte d'un effondrement ;

³² Voir en particulier : *Kings Dock car park fire : protection report*, April 2018, Merseyside Fire and Rescue Service (MF&RS), <https://www.bafsa.org.uk/wp-content/uploads/bfsk-pdf-manager/2018/12/Merseyside-FRS-Car-Park-Report.pdf>

³³ Hamilton, S., "ECHO Arena car park blaze could cost £20m in claims", retrieved from: <https://www.liverpoolecho.co.uk/news/liverpool-news/echo-arena-car-park-blaze-14108934>, on April 2., 2020. Published: 3. Jan, 2018

³⁴ Voir page 7 *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers*. July 2020, Final Report by Haavard Boehmer, PE Michael Klassen, Ph.D., PE Stephen Olenick, July 2020, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFPModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf> et Ahrens, M., "Sprinklers in Commercial Garage Fires." National Fire Protection Association. February, 2020.

- **L'incendie du parking souterrain des Salinières (18 mai 2019)**³⁵ : le 18 mai 2019, vers vingt heures, un incendie criminel se déclenche au troisième sous-sol d'un parking souterrain sur cinq niveaux situé à Bordeaux et classé ERP qui ne comportait pas de dispositif d'extinction automatique à eau³⁶. L'intervention des sapeurs-pompiers confrontés à de très fortes fumées et à une absence totale de visibilité dans le parking, a été difficile et dangereuse. 18 heures seront nécessaires aux sapeurs-pompiers pour en venir à bout.

Le parking souterrain des Salinières illustre bien la complexité de la réglementation actuelle et de son évolution : ouvert en 2001, il a été mis en service dans le cadre de la réglementation ICPE conformément à l'arrêté type en vigueur à l'époque correspondant à la rubrique 2935 sur les parcs de stationnement couverts. Il relève depuis 2006 d'un classement ERP PS et donc de la réglementation des espaces recevant du public, sans qu'il soit possible de dire si ces réglementations étaient équivalentes ou en quoi elles différaient. La mission insiste donc sur l'intérêt de tenir à jour sur un site web du ministère de l'intérieur l'ensemble des textes, actuels ou passés, qui ont conduit à autoriser les différents parcs de stationnement.

Suite à l'analyse de la situation au plan opérationnel, et au vu notamment de la balance action/risques pour les secours, **la décision est prise à trois heures du matin de laisser le feu se poursuivre et de chercher à « étouffer » les foyers en coupant toutes les ventilations du parking. 370 véhicules seront détruits, l'un des planchers intermédiaires s'effondre**, la dalle supérieure, sur laquelle circule le tramway, est fragilisée si bien que sa circulation sera interrompue jusqu'en fin septembre, le coût du sinistre est évalué par le SDIS 33 à 20 M€ en termes de pertes de biens, de jouissance et d'exploitation³⁷ ;

La stabilité des bâtiments surplombant le parking ne peut être garantie si bien que les habitants sont évacués en urgence durant la nuit. Pour le SDIS Gironde, cet incendie met notamment en lumière l'obsolescence des référentiels incendie datant de 1975, 1986 et 2006 applicables pour les parcs de stationnement. Ceux-ci n'intègrent pas en effet : a) l'évolution des flux thermiques émis par l'incendie d'une voiture actuelle : de 2,5 MW dans les années 60-70, ceux-ci atteignent désormais 6 à 8,5 MW, b) le sous-dimensionnement des installations de désenfumage ou de ventilation qui, même si elles sont conformes, (seuls les parcs de stationnement des ERP de plus de 250 véhicules sont contrôlés tous les cinq ans), sont très notablement insuffisantes³⁸ : la combustion d'un véhicule « actuel » peut dégager jusqu'à 60 000 m³ de fumées toxiques et corrosives en lien avec les nouveaux constituants utilisés, bien au-delà des capacités du désenfumage fixe calculé ; c) les nouvelles motorisations automobiles alternatives, associées à la présence d'éléments comme l'aluminium et le magnésium pour alléger ou renforcer le châssis ou la carrosserie, complexifient les opérations d'extinction et les rendent parfois impossibles à conduire du fait des projections et explosions. Lors de l'incendie du parc de Salinières, de nombreuses explosions (plus d'une soixantaine), dont au moins trois

³⁵ Retour d'expérience des interventions marquantes du Sdis : feu de parking souterrain des Salinières : document rédigé par le service départemental d'incendie et de secours de la Gironde.

<https://unsa-sdis33.fr/wp-content/uploads/2019/07/Feu-de-parking-sous-terrain-Les-Salinières.pdf>

³⁶ Avant 2017, l'extinction automatique à eau n'était obligatoire qu'à partir du R-3 pour les parcs de stationnement relevant de la réglementation ERP, et du R-6 en ce qui concerne les bâtiments d'habitation ; ainsi, un parc de stationnement R+9 accueillant 900 véhicules n'était pas tenu d'être doté d'une EAE. La mise en service du parc des Salinières a été effectuée dans le cadre de la réglementation ICPE.

³⁷ Feu de parking souterrain des Salinières (18 mai 2019), Retour d'expérience des interventions marquantes du sdis, SDIS 33, <https://unsa-sdis33.fr/wp-content/uploads/2019/07/Feu-de-parking-sous-terrain-Les-Salinières.pdf>

³⁸ La combustion d'un véhicule « actuel » peut dégager jusqu'à 60 000 m³ de fumées toxiques et corrosives en lien avec les nouveaux constituants utilisés, bien au-delà des capacités du désenfumage fixe calculé, les installations de désenfumage ou de ventilation ne sont prévues pour fonctionner que jusqu'à des températures de 400°C pendant 2 heures, un incendie de véhicule automobile actuel produisant des températures dépassant les 1 000°C.

surpressions particulièrement violentes, probablement dues aux effondrements, accompagnées d'effets piston qui renvoient des souffles de gaz chauds par les rampes d'accès, ont été observées. La mission souscrit aux constats réalisés lors de ce retour d'expérience aussi bien concernant l'aspect opérationnel que sur ceux afférents aux réglementations des parkings.

Le parking a été réouvert en octobre 2020 après des travaux représentant un coût de 10 M€ ;

- **L'incendie du parking ouvert de l'aéroport de Stavanger à Sola (Norvège, 8 janvier 2020)**³⁹ : l'incendie survient le 8 janvier 2020 dans un parking ouvert de cinq étages, le dernier étant à l'air libre, situé sur l'aéroport de Stavanger. Le feu démarre au troisième étage (apparemment lors du démarrage d'une Opel Zafira diesel) et **va se propager à l'ensemble du parking détruisant environ 200 à 300 véhicules, en endommageant par la chaleur et la fumée 1300 autres, et conduisant à l'effondrement d'une partie du bâtiment**⁴⁰. Cet incendie ne provoque aucune victime. Le rapport précise que les véhicules électriques, présents dans le parking, n'ont pas entraîné de contribution à l'incendie supérieure à celle attendue des véhicules conventionnels. Le coût total de l'incendie pour les assurances (sans compter les pertes liées à l'interruption des vols sur l'aéroport pendant l'incendie) a été estimé à 47 M\$⁴¹.

Cette liste, qui n'est en rien exhaustive, présente indifféremment des incendies survenus en parkings couverts, largement ventilés ou non, dont les caractéristiques sont pourtant très différentes : le vent qui s'engouffre dans la structure favorise la propagation des flammes dans les premiers tandis que les seconds peuvent donner lieu à des effets de four non négligeables. Dans les deux cas, les incendies survenus marquent cependant une rupture dans la réflexion sur les feux dans les parkings : ils montrent en effet que, malgré les protections actuelles, des feux majeurs entraînant la ruine du bâtiment sont possibles. Ils marquent également une rupture dans la doctrine opérationnelle de la lutte contre le feu : plusieurs d'entre eux (Liverpool, Bordeaux) ont en effet conduit à des feux impossibles à combattre directement et qu'on laisse donc se propager. Des scénarii « d'impossible opérationnel » ont été identifiés par les différents services de secours ainsi que par la DGSCGC.

La notion d'impossible opérationnel

« Un impossible opérationnel » peut se définir comme une impossibilité, compte tenu des moyens dont disposent les services d'incendie et de secours, de réaliser l'extinction de l'incendie d'une part et d'assurer une sécurité suffisante pour leurs personnels d'autre part. Ces moyens s'analysent comme un dispositif d'ensemble des composants de la lutte contre l'incendie. Ils correspondent donc non seulement aux moyens mobiles des services d'incendie et de secours mais aussi aux dispositions constructives assurant la résistance au feu des structures et à celles permettant l'intervention des secours (accessibilité, aires de retournement, dimensionnement du réseau d'eau (capacité, débit) ...). La balance des moyens nécessaires/existants et disponibles conduit, si elle est défavorable, à une impossibilité d'extinction de l'incendie identifiable sous le terme générique « d'impossible opérationnel ».

³⁹ Voir en particulier le rapport du Research Institutes of Sweden (RISE) : *Evaluation of fire in Stavanger airport car park 7 January 2020*, RISE-report 2020:91, Karolina Storesund, Christian Sesseng, Ragni F. Mikalsen, Ole Anders Holmvaag (Norwegian Fire Academy), Anne Steen-Hansen,

<https://www.researchgate.net/publication/346717386> Evaluation of fire in Stavanger airport car park 7 January 2020

⁴⁰ Voir p 7 *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers*. July 2020, Final Report by Haavard Boehmer, PE Michael Klassen, Ph.D., PE Stephen Olenick, July 2020, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

⁴¹ Jupskaas, S., H., "Storbrannen på Stavanger lufthavn kan komme til å koste en halv milliard kroner" (Norwegian), Aftenposten, Retrieved from: <https://www.aftenposten.no/norge/i/lAWow3/storbrannen-paa-stavanger-lufthavn-kan-komme-til-aa-koste-en-halv-milliard-kroner>, on April 2., 2020. Published: 9. Jan, 2020.

La notion d'impossible opérationnel peut se comprendre « à chaud » pendant une opération d'extinction pour définir la conduite à tenir ou « à froid » lors de l'étude préalable à son autorisation d'une installation afin de définir les dispositions constructives permettant d'en gérer les conséquences ou/et celles permettant de l'éviter.

1.1.2 L'analyse américaine des feux de parkings souligne que les matériaux présents dans les véhicules actuels sont différents du passé ce qui facilite l'ignition et accroît la vitesse de propagation du feu

L'incendie de Liverpool de décembre 2017 a conduit les pompiers américains à s'interroger sur la pertinence de la réglementation incendie dans les parkings existants. Le rapport effectué pour la *Fire Protection Research Foundation* et publié en juin 2020 par la *National Fire Protection Association* (NFPA)⁴² sur les risques liés aux véhicules actuels dans les parkings et dans les navires transportant des véhicules est certainement l'un des rapports les plus récents et les mieux argumentés sur la protection incendie des parkings couverts⁴³. Il analyse les principaux incendies récents survenus dans des parkings ou à bord de navires transportant des véhicules et en tire les conclusions suivantes :

- les véhicules actuels diffèrent, par les matériaux qui les composent, des véhicules anciens et présentent un risque accru de propagation de feu aux véhicules voisins⁴⁴ ; un véhicule américain moyen en 2018 contient 91 % de plastique en plus en poids que le véhicule moyen en 1970. De nombreuses pièces sont désormais en plastique : des pare-chocs aux réservoirs d'essence en passant par le collecteur d'admission du moteur ;

⁴² La NFPA est un organisme américain fondé en 1986 dans le but de lutter contre les dommages physiques et matériels dus aux incendies. Elle réalise entre autre des normes de sécurité pour lutter contre ces dommages et autres risques (source <https://www.nfpa.org>). Plus de 300 codes et standards ont été publiés à ce jour par la NFPA.

⁴³ *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers*. July 2020, Final Report by Haavard Boehmer, PE Michael Klassen, Ph.D., PE Stephen Olenick, July 2020, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

⁴⁴ Le véhicule américain moyen en 2018 contient 91 % de plastique en plus en poids que le véhicule moyen en 1970, ce qui donne une augmentation équivalente de l'énergie chimique potentielle en cas d'incendie : a) b) les tests effectués sur des réservoirs de carburant (essence, diesel) en plastique ont révélé le début d'une fuite de carburant après 2 à 5 minutes d'exposition au feu de piscine ; c) les essais réalisés sur des véhicules plus anciens ne doivent pas servir de base à l'élaboration des codes et réglementations. En 2020, les véhicules de plus de 15 à 20 ans affichent une différence significative dans le poids à vide moyen et la teneur en plastique. Même si le HRR s'avère similaire, ces changements de construction ont de nombreux autres effets sur l'allumage, la propagation et le développement du feu. Source : *Ibidem*.

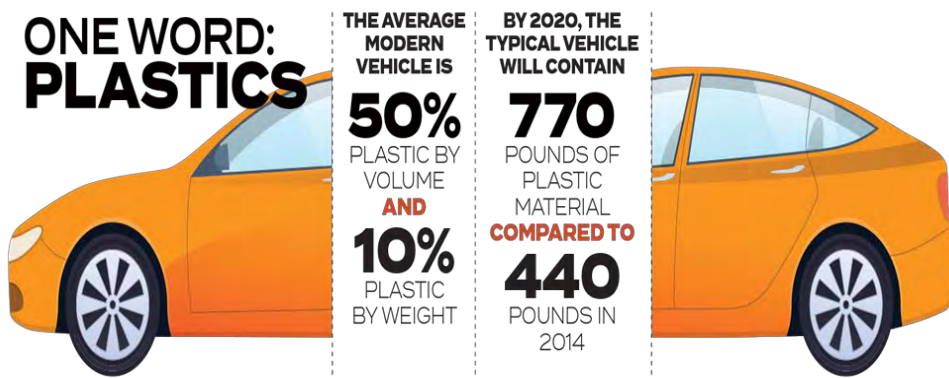


Figure 1 : Modern vehicle hazards, NPA journal, 201945

- malgré le changement radical des matériaux, la puissance calorifique maximale dégagée lors de l'incendie d'un véhicule actuel (environ 7 MW) de même que l'énergie totale dégagée serait sensiblement voisine de celles des véhicules anciens. Le rapport souligne en effet que des essais ont montré des puissances supérieures à 7 MW sur des véhicules des années 1970 et que les valeurs dépendent de la manière dont l'incendie est initié et que celle-ci a évolué au cours du temps. Cette observation porte sur les véhicules « américain » généralement plus gros et plus lourds que leurs homologues européens. Cette observation n'est donc pas contradictoire avec la position de la BSPP et de la FNSPF⁴⁶ qui soulignent l'augmentation pour la France de la charge calorifique des véhicules actuels par rapport aux véhicules des années 60-70. Le débit calorifique d'une Renault 12, dont les premiers exemplaires datent de 1969, n'était en effet que de 2 à 3 MW ;
- par contre, le comportement au feu des véhicules actuels est radicalement différent : les matériaux plastique facilitent en effet le démarrage de l'incendie et accélèrent la propagation des flammes, à l'intérieur et entre les véhicules (en particulier avec les plastiques extérieurs tels les pare-chocs). Ainsi, alors que dans le passé, on supposait que l'incendie d'un véhicule ne se transmettait pas à ses voisins ou se transmettait dans un temps qui permettait aux services de secours d'intervenir, certaines études indiquent que la propagation du feu d'un premier véhicule à un deuxième véhicule peut se produire au bout d'une durée de 10 à 20 minutes, mais une fois que deux voitures ou plus sont impliquées, le temps d'allumage de ces véhicules supplémentaires est considérablement réduit (peut être inférieur à 5 minutes) et la puissance calorifique dégagée par l'incendie dépasse les 10 MW. L'utilisation du plastique pour les réservoirs de carburants est un deuxième facteur significatif de l'accélération de la propagation du feu : de tels réservoirs peuvent commencer à montrer des signes de défaillance après une exposition à un feu de nappe de deux à cinq minutes, ce qui entraîne l'écoulement d'un

⁴⁵ NFPA Journal, Author(s): Jesse Roman. Published on March 1, 2019, <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/NFPA-Journal/2019/March-April-2019/Features/Protecting-Parking-Garages>

⁴⁶ FNSPF : Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France, association rassemblant l'ensemble des sapeurs-pompiers professionnels et volontaires

carburant liquide enflammé et accélère la propagation du feu⁴⁷.

La propagation du feu peut en effet intervenir : a) soit par des projections de pièces ou de parties de pièces enflammées (morceaux de pneus par exemple) comme le montre l'incendie du parking des Salinières, b) soit par rayonnement⁴⁸, c) soit encore, ce qui est particulièrement le cas des parkings couverts, par la constitution d'une couche de gaz à plus de 500 °C sous le plafond du parking et dont la propagation suffit à entraîner à distance le déclenchement du feu de la plupart des matériaux inflammables.

Facteur aggravant, la largeur des véhicules particuliers a augmenté de 20 centimètres en une quarantaine d'années ce qui favorise bien entendu la propagation du feu :

	1953	1964	1974	1984	1994	2004	2014
Largeur (m)	1,56	1,55	1,58	1,61	nc	1,72	1,78

Tableau 1 : évolution de la largeur moyenne d'un véhicule particulier en France⁴⁹

- au fur et à mesure que de plus en plus de véhicules sont impliqués, les expositions prolongées à des températures élevées sur les éléments structurels porteurs peuvent menacer l'intégrité de la structure. Lors de l'incident de Liverpool, les expositions constantes à haute température ont provoqué un écaillage important du béton, qui se produit généralement lorsque la température interne dépasse 374 °C (705 °F). Cela a créé de grandes pénétrations dans le sol qui ont contribué à la propagation verticale du feu. Les températures observées au niveau du plafond peuvent également provoquer une défaillance de l'acier de construction. Une fois que la structure dépasse son seuil thermique critique de 538°C (1 000°F), la capacité portante est réduite de moitié et peut compromettre la structure. Comme l'a montré l'incendie de l'aéroport de Stavanger en Norvège (2020), ces conditions peuvent entraîner l'effondrement d'une structure de plusieurs étages. Ce constat conduit à s'interroger sur la protection incendie des parcs de stationnements couverts situés sous des centres commerciaux ou des immeubles d'une certaine hauteur ;

⁴⁷ Le rapport de la NFPA sur ce point est ainsi rédigé : « An important concern with plastic fuel tanks is the earlier release of fuel when exposed to an external flame as compared to a metal fuel tank. There are fire resistance requirements for plastic fuel tanks, specified in ECE R34.01, Annex 5 Section 5.0 "Resistance to Fire" [United Nations Economic Commission for Europe, 2012]. This standard requires a tank to show no leak of fuel after exposure to a direct flame for 2 minutes. The flame source is from a pool fire, typically using diesel or gasoline, that is slightly larger than the footprint of the tank, and a distance away equivalent to the height above the road as the tank would be installed in the vehicle. In the case of burning gasoline underneath a car from a full fuel tank release, the fire exposure could last much longer than the two minutes required in the tests. The concern with the two-minute requirement lies in the inability for firefighting personnel to arrive in that timeframe to extinguish a fire before the tank would melt and empty its contents. Even if the structure is sprinklered, the fire would be shielded which could slow down activation time and inhibit extinguishment. Based on this requirement a worst-case assumption could be that a plastic fuel tank would leak fuel after two minutes of direct fire exposure ».

⁴⁸ Pour la plupart des matériaux inflammables, l'incendie est initié dès lors que le flux de chaleur dépasse 25kW/m². Or, une température de 500 à 600 °C est typiquement associée à un flux de chaleur de 20 à 25 kW/m² entraînant le déclenchement du feu sur la plupart des matériaux inflammables. Voir pour le premier point : *Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire Products* Khan, M., M., Tewarson, A., and Chaos, M. SFPE handbook of fire protection engineering, 5th ed., Society of Fire Protection Engineering, Bethesda, MD, 2016 <https://www.springerprofessional.de/en/combustion-characteristics-of-materials-and-generation-of-fire-p/1923062> et pour le second *Enclosure fire dynamics*, Karlsson, B., Quintiere, J., G., CRC Press, 2000, <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420050219/enclosure-fire-dynamics-bjorn-karlsson-james-quintiere>

⁴⁹ <https://www.largus.fr/actualite-automobile/voiture-moyenne-2014-son-evolution-depuis1953-6057388.html>

- les parcs de stationnement couverts, largement ventilés, présentent des risques notables d'incendies non contrôlables. Dans la réglementation américaine, le *sprinklage* et les systèmes de détection automatiques n'étaient pas considérés comme nécessaires dans ce type de parking. Le rapport américain propose donc de renforcer la réglementation sur ces différents points.

Après avoir étudié l'effet sur l'incendie des véhicules actuels, le rapport américain considère le cas des véhicules électriques et souligne qu'ils n'ont pas conduit pour le moment à des feux plus importants que ceux provoqués par les véhicules thermiques, mais que leur comportement au feu est différent et peut entraîner des difficultés d'intervention pour les pompiers : de très grandes quantités d'eau sont en effet requises pour refroidir la batterie et prévenir le redémarrage du feu.

1.1.3 Les caractéristiques actuelles d'un potentiel feu de parking amènent à devoir renforcer la protection incendie des parkings

Ne serait-ce qu'en raison des incendies d'origine criminelle, le risque d'un feu intervenant sur un véhicule garé dans un parking souterrain doit être pris en considération. Certaines de ses caractéristiques dans le cas de parkings couverts sont connues depuis très longtemps :

- un feu dans un parking ne crée que très rarement des victimes parmi les usagers : les occupants du parking ont, en règle générale, le temps de quitter les lieux. L'incendie particulièrement violent de Liverpool a permis l'évacuation des chevaux présents au rez-de-chaussée ;
- par contre, l'intervention des services d'incendie et de secours est toujours difficile et dangereuse et peut entraîner la mort des sapeurs-pompiers engagés dans l'intervention : le SDID Gironde, dans son rapport sur l'incendie du parking des Salinières, indique qu'un véhicule peut dégager jusque 60 000 m³ de fumées toxiques et corrosives. Les flux thermiques importants et l'opacité des fumées complexifient l'engagement des secours : le temps nécessaire pour trouver le foyer peut dépasser les 50 minutes (Creil, 27 mai 2013)⁵⁰.

Mais, contrairement à la doctrine qui prévalait à l'international dans les années 80⁵¹, les incendies récents ont montré que le feu pouvait se propager à un très grand nombre de véhicules rendant la lutte contre l'incendie quasiment impossible et pouvant conduire à des arbitrages opérationnels amenant à laisser le feu s'éteindre de lui-même. On peut dès lors distinguer par leurs conséquences deux types de feux :

- le premier correspond à un feu qui ne concerne qu'un nombre extrêmement restreint de véhicules et qui est maîtrisable sans trop de difficultés : l'incendie du parking souterrain de Gretzenbach montre qu'il n'est cependant pas exempt de risques. Dans

⁵⁰ Voir mémoire de stage des Commandant Olivier GLETTY – BSPP, Commandant Chris CHISLARD – ENSOSP, Capitaine Rémy PERCQ - SDIS 67, Capitaine Alexandre CARRAT – DGSCGC (session 2014) sur les parcs de stationnement couverts dans les ERP, en habitation et sur les lieux de travail... http://crd.ensosp.fr/doc_num.php?explnum_id=18090

⁵¹ Selon le même rapport de la NFPA : « *It appears that fire spread from vehicle to vehicle was not considered a major risk in the early versions of the codes when applied to older vehicles and parking structure designs. For example, the introduction to a study by Mangs [1994] of vehicles built in the 1970s notes (emphasis added) "In an open car park building, the fire is likely to be constrained to the burning car or at most be spread to one or two adjacent cars". As the report on the Liverpool/Kings Dock car park fire of 2017 noted (emphasis added): "in 1968, The Ministry of Technology and Fire Offices' Committee Joint Fire Research Organization researched and concluded that fire spread from one vehicle to others would not occur and that if it did, the Metropolitan Brigades would invariably be in attendance within 3 to 4 minutes". First published in 2001, NFPA 1710 "Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments" [NFPA 2010] sets a benchmark goal of a total response time of the first fire engine in 5:20 min, and 9:20 for full assignment of larger resources, for 90% of incidents* ».

l'analyse des rapports d'intervention sur des incendies en parcs de stationnement de la BSPP entre 1995 et 1997 réalisée par EFECTIS France, le nombre maximum de véhicules impliqué était de sept⁵² ;

- le second va concerner plusieurs dizaines de véhicules et va conduire dans le cas des parkings souterrains à « *un impossible opérationnel* » dans lequel le feu ne peut être arrêté. Ce type d'incendie peut notamment conduire à la présence d'une couche de gaz chaud (500-600 °C) en partie supérieure du niveau de l'étage du parking concerné qui se comporte comme une coulée de gaz chaud et produit un flux de chaleur d'environ 20 à 25 kW/m² entraînant l'inflammation de la plupart des matériaux ordinaires⁵³. Le bureau de prévention et de la réglementation incendie (BPRI) de la DGSCGC insiste, en particulier sur le fait que les parkings souterrains situés en infrastructure (par exemple dans un centre commercial) ou non ouverts sur l'extérieur sont par conception des lieux ne permettant pas de disperser facilement les fumées d'un incendie ce qui peut provoquer une forte et rapide élévation de température favorisant la propagation du feu (effet four). Dès lors, le feu peut se poursuivre pendant plusieurs heures (18 heures pour le parking des Salinières, 40 pour le parking de Liverpool) et attaquer le béton tout autant que l'acier : la stabilité de la structure ne peut plus être garantie et son effondrement peut survenir. Ce constat amène à réinterroger l'adéquation entre le dimensionnement des protections coupe-feu et la stabilité au feu réelle des parties constructives vis-à-vis de la charge calorifique des véhicules actuels (thermiques ou électriques).

Il existe dès lors une « *fenêtre d'opportunité* » limitée à quelques dizaines de minutes dans laquelle le feu peut être ou non maîtrisé et basculer dans l'une ou l'autre des deux catégories évoquées ci-dessus. Malheureusement, comme le rapport de la NFPA le souligne, cette fenêtre d'opportunité a tendance à diminuer avec le temps : a) avec l'augmentation de l'utilisation des matériaux en plastique dans les véhicules, b) avec la diminution des distances entre les véhicules au sein d'un parking, c) avec la faible hauteur de plafond des niveaux de parkings qui favorise le transfert de chaleur des gaz chauds, d) avec l'absence d'obligation de mise en place d'un système automatique de détection, d'alarme et d'extinction, e) avec le développement de parkings de plus en plus grands et contenant de plus en plus de véhicules dans lesquels l'intervention des services de secours ne peut être rapide et s'avère extrêmement difficile. La propagation de l'incendie d'un premier véhicule à un deuxième peut désormais intervenir dans un délai de dix à vingt minutes. Une fois l'incendie parti, l'exemple de Liverpool montre qu'il peut se propager à un nouveau véhicule toutes les trente secondes.

Soulignons enfin que, dans le cas des parkings couverts, largement ventilés, les dispositifs de protection actuels ne suffisent pas à prévenir des incendies de grande ampleur conduisant à l'endommagement de plusieurs centaines de véhicules à Liverpool (Royaume Uni) ou à Stavanger (Norvège).

⁵² Etude citée dans le mémoire de stage des Commandant Olivier GLETTY – BSPP, Commandant Chris CHISLARD – ENSOSP, Capitaine Rémy PERCQ - SDIS 67, Capitaine Alexandre CARRAT – DGSCGC (session 2014) sur les parcs de stationnement couverts dans les erp, en habitation et sur les lieux de travail . . .

http://crd.ensosp.fr/doc_num.php?explnum_id=18090 Ce même mémoire évoque un incendie en habitation en octobre 1979 ayant impliqué 16 véhicules.

⁵³ Selon le même rapport de la NFPA : « *Most flammable materials will ignite when exposed to a heat flux of 25 kW/m² [Tewarson, 2016]. Testing by the BRE in the UK on flammable exterior materials for vehicles found a critical heat flux range of 11-18.5 kW/m², with most plastic components at the upper end of the range; bumpers at 17.5 kW/m², fuel tank at 16.5 kW/m², and the tires near the bottom at 11 kW/m². An upper layer temperature of 500-600°C is typically associated with the 20-25 kW/m² criteria where most ordinary flammable materials will ignite [Karlson and Quintiere, 2000]. As discussed in Section 3, parking garages often have limited ceiling heights, due to cost and space concerns, or to conform to apartment or retail ceiling heights for surrounding occupancies in multi-use buildings. The buildup, and trapping, of hot gases is therefore critically important when considering fire spread* ».

1.1.4 En conclusion

Depuis une dizaine d'années, de grands feux de parkings - Liverpool, aéroport de Norvège, parking des Salinières à Bordeaux, parking de Choisy le Roi - pouvant entraîner la ruine de la structure sont observés principalement en Europe. Ils résultent principalement de l'augmentation de l'usage des matériaux en plastique (réservoir, pare-chocs, tableau de bord ...) dans la composition des véhicules : ceux-ci favorisent l'initiation de l'incendie et accroissent sa vitesse de propagation. Ces incendies n'entraînent généralement pas de victimes parmi les usagers du parking concerné, mais deviennent très difficilement maîtrisables dès lors qu'ils atteignent quatre ou cinq véhicules : les parkings souterrains situés en infrastructure (par exemple dans un centre commercial) ou non ouverts sur l'extérieur sont par conception des lieux ne permettant pas de disperser facilement les fumées d'un incendie ce qui peut provoquer une forte et rapide élévation de température (plusieurs centaines de degrés) favorisant la propagation du feu (effet four).

Les sapeurs-pompiers doivent prendre en compte des actions autres que celle d'extinction, par exemple agir sur une obturation des entrées du parking pour tenter un étouffement de l'incendie. Dans ce cas de figure, la sécurité des personnels engagés devient prioritaire et peut conduire à un retrait de tout engagement, voire une évacuation d'urgence. L'incendie peut durer plusieurs heures et menacer la stabilité non seulement du parking lui-même mais également des immeubles situés au-dessus de celui-ci.

Un renforcement de la protection incendie des parkings couverts, largement ventilés ou non, devient dès lors nécessaire. De plus, dès lors que l'événement redouté concerne l'extension du feu à plusieurs véhicules, la détection précoce de l'incendie et l'alerte des pompiers seront un point majeur : le chapitre suivant effectuera donc des recommandations en ce sens.

1.2 Le véhicule électrique présente des risques d'incendie comparables avec ceux des véhicules thermiques, mais un comportement au feu différent

Ce paragraphe présente de manière succincte les principaux résultats de l'analyse, détaillée en annexe, du risque incendie des batteries et des engins mobiles électriques.

Nous ne sommes probablement qu'aux débuts de la mobilité électrique : les batteries lithium ion actuelles devraient évoluer notablement dans le futur. Une nouvelle génération de batteries, caractérisée par un électrolyte dit solide non inflammable, pourrait faire son apparition à moyen terme dans un premier temps sur des marchés de niche avant, éventuellement, de se généraliser⁵⁴. La généralisation de batteries, aujourd'hui coûteuses, se rechargeant en quelques minutes est également possible.

Dans l'état actuel de la technologie, les batteries peuvent donner lieu à des phénomènes de courts-circuits et d'emballement thermique, et à des départs de feu. La batterie peut être également sujette à des défauts de fabrication, à des chocs, à des infiltrations d'eau et à des surcharges électriques pouvant conduire là encore à un incendie : à ce titre, la mission recommande de ne pas stationner un véhicule électrique dans un parc de stationnement couvert après un choc ayant entraîné le déclenchement d'un ou de plusieurs airbags sans vérification préalable de l'état de la batterie⁵⁵. La possibilité d'un départ de feu lié à la présence d'un véhicule électrique dans un parc de stationnement ne peut donc être

⁵⁴ Leur risque d'incendie devra être analysé en fonction des batteries proposées : des phénomènes de court-circuit resteront probablement possibles, ainsi que le montre l'exemple des batteries LMP.

⁵⁵ Au moins un constructeur procède au remplacement de la batterie en pareil cas.

écartée, ne serait-ce qu'en raison des incendies d'origine criminelle.

Cependant, les analyses consultées par la mission et présentées ci-dessous montrent que le véhicule électrique présente des risques d'incendie comparables (en termes de probabilité d'occurrence et de gravité) avec ceux des véhicules thermiques.

À défaut de statistiques réalisées sur la France, les résultats des études menées aux États-Unis font état d'une probabilité d'incendie moins élevée pour les véhicules électriques que pour les véhicules thermiques et légèrement supérieure pour les véhicules hybrides.



Figure 2 : Nombre de départs de feu aux États-Unis en 2020 pour des véhicules électriques, hybrides ou thermiques en valeur absolue et en proportion du nombre de véhicules de chaque catégorie vendus. Source AutoinsuranceEZ⁵⁶

Le groupe Autoinsurance EZ a montré⁵⁷ que la probabilité d'incendie d'un véhicule électrique est nettement plus faible aux États-Unis que celle d'un véhicule thermique. On compte en effet, pour l'année 2020, 25 incendies pour 100 000 véhicules électriques vendus soit un chiffre très inférieur à celui des véhicules thermiques : 1 529 départs de feux pour 100 000 véhicules thermiques vendus. En revanche, les véhicules hybrides ont conduit à un nombre supérieur d'incendies : 3 474 incendies pour 100 000 véhicules hybrides vendus. Les chiffres donnés par Tesla et représentés sur la figure ci-dessous montrent également un rapport d'un à dix dans le nombre d'incendies survenant sur un milliard de miles parcourus entre un véhicule Tesla et un véhicule américain moyen.

⁵⁶ <https://insideevs.com/news/561549/study-evs-smallest-fire-risk/>

⁵⁷ Voir notamment <https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2022/03/02/electric-car-fire-risks-look-exaggerated-but-more-data-required-for-definitive-verdict/?sh=2922b59c2327> et <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-le-risque-accru-dincendie-est-bien-un-mythe/>

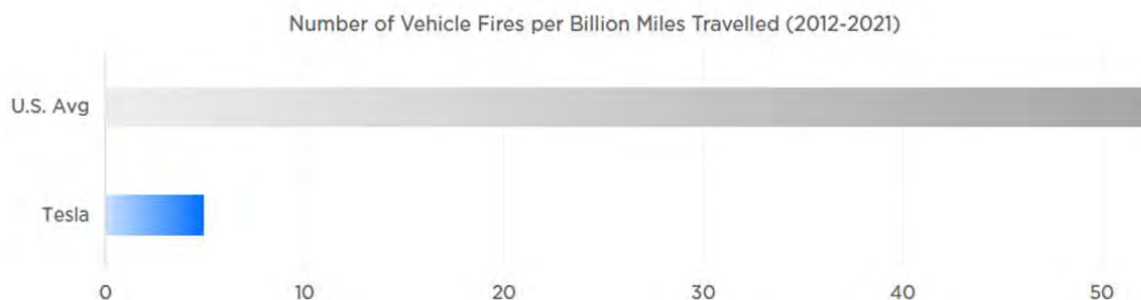


Figure 3 : nombre d'incendies par milliard de miles parcourus en moyenne pour les véhicules américains (53) et pour les véhicules Tesla (5). Source : Tesla

Ce faible nombre d'incendies relatifs aux véhicules électriques est également souligné par les acteurs français. En 2021, 1 067 000 charges (réussies au sens de l'AFIREV) ont été réalisées sur les bornes exploitées par IZIVIA, filiale 100 % EDF : aucun incendie n'a été constaté à l'occasion de ces recharges.

Pour prévenir les incendies liés aux défauts de fabrication du véhicule et de sa batterie, le rappel des véhicules présentant un risque incendie constitue un élément important de la protection incendie aussi bien pour les véhicules thermiques que pour les véhicules électriques.

Recommandation 1. MISE EN PLACE D'UN SUIVI DES INCENDIES DE VEHICULES ELECTRIQUES ET D'UN TRAITEMENT DE L'INFORMATION. Mettre en place au sein de l'administration un suivi statistique des incendies intervenant sur les véhicules automobiles aussi bien thermiques qu'électriques (en circulation, à l'arrêt, en charge) (DGSCGC).

Recommandation 2. MISE EN PLACE D'UN LIEU D'ANALYSE DES INCENDIES DE VEHICULES ELECTRIQUES Mettre en place un lieu d'analyse des incendies de véhicules électriques afin de s'assurer que les constructeurs prennent toutes les dispositions nécessaires à les éviter (DGSCGC, DGEC en lien avec l'INERIS, le BEA-TT et la DGCCRF). Un partenariat pourrait être conclu avec les représentants des assurances (France assureurs) pour identifier les sinistres dont les causes sont directement liées aux véhicules électriques.

Cette mesure paraît d'autant plus importante que le nombre d'usines de fabrication de batteries devrait se multiplier dans les prochaines années en Europe – ce qui entraînera forcément des défauts de fabrication qui ne seront pas décelés par les contrôles réalisés dans l'usine - et que, comme le montrent les exemples de *General Motors*⁵⁸ et du constructeur chinois *WM Motor*⁵⁹, les rappels effectués par les constructeurs doivent parfois être étendus à un plus grand nombre de véhicules et peuvent ne pas être suffisants –ce qui oblige à procéder à un deuxième rappel.

De plus, le vieillissement d'une batterie reste un phénomène complexe mal connu : il est probable qu'il se traduise par une augmentation progressive de sa résistance et une diminution de sa capacité, conduisant à sa mise hors service, avant que des phénomènes de court-circuit ne se produisent. Le suivi du retour d'expérience devrait permettre de vérifier ce point.

Ce suivi pourrait donner lieu à un partenariat avec France assureurs afin de pouvoir disposer des caractéristiques précises des véhicules concernés. Ce suivi gagnerait de plus à être réalisé à un niveau

⁵⁸ <https://www.aljazeera.com/economy/2021/8/23/skoreas-lg-chems-shares-hammered-on-gm-bolt-recall>

⁵⁹ <https://pandaily.com/another-wm-motor-ex5-vehicle-catches-fire-in-hainan/>

européen par l'Association internationale des services d'incendie et de secours, le CTIF, en y associant les autorités, les constructeurs, les services d'incendie et de secours.

L'analyse automatique des événements inscrits dans l'outil statistique *INFOSDIS*⁶⁰ devrait déclencher une alerte lorsque plusieurs véhicules d'un même modèle sont concernés par un incendie à l'analyse ensuite de dire s'il peut s'agir ou non d'un défaut de fabrication ou de vieillissement de la batterie.

Un incendie peut être caractérisé par l'énergie calorifique mise en jeu. Deux principaux paramètres vont en rendre compte : l'énergie calorifique totale dégagée et le débit calorifique maximal observé (autrement dit l'énergie calorifique instantanée maximale dégagée) qui traduit, de manière plus tangible, la violence du feu. Les documents consultés par la mission montrent que ces deux paramètres sont sensiblement du même ordre de grandeur pour les véhicules électriques et les véhicules thermiques (nettement supérieurs à ceux de la Renault 12 des années 60-70 et comparables à ceux d'un véhicule des années 90).

Mais, le comportement au feu des véhicules électriques diffère de celui des véhicules thermiques par la durée de l'incendie qui peut durer plusieurs heures dans le cas d'un véhicule électrique contre quelques dizaines de minutes pour un véhicule thermique : en l'absence de dispositif prévu à la conception permettant de noyer l'intérieur de la batterie, le feu continue en effet de se propager à l'intérieur de celle-ci et peut donc reprendre de manière visible plusieurs heures (voire plusieurs dizaines d'heures) après une première extinction. De plus, en cas de court-circuit, le feu peut se déclarer plusieurs heures après l'arrêt du véhicule électrique dans un parking : ce phénomène peut également se produire sur un véhicule thermique⁶¹ sans que la mission ne dispose de statistiques lui permettant de dire si cette probabilité est plus ou moins élevée que pour un véhicule électrique.

Dès lors, les quantités d'eau nécessaires à l'extinction d'un incendie de véhicule électrique peuvent être considérables : l'une des caractéristiques des feux de batteries et de véhicules électriques réside dans la difficulté à les éteindre. Les cas de reprise de feu de la batterie plusieurs heures, voire plusieurs jours, après une première extinction sont ainsi fréquents⁶² : il va être en effet quasiment impossible d'accéder aux différentes cellules de la batterie pour éteindre complètement l'incendie. Plusieurs stratégies sont alors possibles pour remédier à cette difficulté : a) la première, recommandée notamment en Allemagne, consiste à immerger le véhicule pendant plusieurs heures dans un conteneur rempli d'eau. Inconvénient : cette disposition trouve rapidement ses limites dès lors que plusieurs véhicules électriques sont impliqués ou que l'incendie concerne un poids lourd ou un bus électrique ; de plus, tous les centres de secours ne disposent pas d'un tel conteneur et cette technique est inapplicable en parking souterrain ; b) la deuxième recommandée officiellement par Tesla consiste à demander aux pompiers de refroidir grâce à l'eau déversée la batterie pour maintenir la température en dessous du seuil de déclenchement de l'emballement thermique. Inconvénient majeur ; Tesla indique que cette stratégie peut représenter une consommation allant jusqu'à 8 000 gallons⁶³ d'eau pour un seul véhicule, soit plus de 30 000 litres d'eau ! ; c) la troisième consiste à prévoir dès l'origine la mise en place d'un dispositif particulier destiné à noyer l'intérieur de la batterie : Renault a ainsi mis en place depuis plusieurs années un dispositif permettant d'injecter de l'eau dans la batterie et dont le bouchon fond au-delà d'une certaine température. Inconvénient : ce dispositif n'est pas repris aujourd'hui par les

⁶⁰ La DGSCGC collecte annuellement auprès des SDIS des informations opérationnelles, administratives et financières depuis 2002. Cette collecte est formalisée depuis 2005 à l'aide d'une application Internet, InfoSDIS, que les SDIS renseignent annuellement.

⁶¹ Voir par exemple : la reprise de feu intervenu sur un véhicule diesel le 13 janvier 2017 dans un parking Q-Park à Issy les Moulineaux. Source : Q-Park.

⁶² Voir notamment : *NTSB Investigations of EV Fires*, T. Barth and R. Swaim, National Transportation Safety Board (NTSB), USA, 2018.

⁶³ Un gallon US représente 3,785 litres : 8000 gallons correspondent ainsi à 30 000 litres, soit l'équivalent d'un camion-citerne de grande capacité des SDIS destinés au ravitaillement en eau sur les incendie de forêts en France.

autres constructeurs ; d) en complément du précédent, le quatrième consiste à prévoir là encore à l'origine un dispositif embarqué capable de noyer la batterie⁶⁴. Si son efficacité est démontrée, il devrait être imposé, pour la mission aux constructeurs de bus et de poids lourds et pourrait être associé à un dispositif de détection de fumées présent dans la batterie et permettant de détecter un départ de feu à l'intérieur même de celle-ci.

Recommandation 3. MODIFICATION DE LA REGLEMENTATION DES VEHICULES. Imposer par la réglementation, de l'UE et/ou de la CEE-ONU, aux constructeurs de VP et de VUL de pouvoir éteindre dans des délais de l'ordre de quelques minutes et avec une quantité d'eau de l'ordre de quelques centaines de litres un feu de véhicule électrique se déclarant dans la batterie : ce pourrait être dans un premier temps un critère de notation d'Euro NCAP. Imposer le même objectif aux constructeurs de bus et de PL à l'aide de dispositifs embarqués. (DGEC et DGE)

L'incendie de véhicules thermiques ou électriques peut conduire à un dégagement de gaz toxiques même si les mesures réalisées jusqu'à aujourd'hui n'ont pas montré de concentrations inquiétantes. L'incendie d'une batterie dégage des gaz toxiques particuliers (acide fluorhydrique notamment) : le fluide utilisé pour la climatisation dans les véhicules thermiques aussi bien qu'électriques reste cependant la première source d'émissions de gaz toxiques. Le fluorure d'hydrogène reste dans tous les cas un gaz extrêmement corrosif qui attaque les tissus organiques et endommagera la tenue d'intervention⁶⁵ des sapeurs-pompiers. Une précaution indispensable lors de l'intervention des sapeurs-pompiers dans les parcs de stationnement consistera donc à mesurer la concentration en fluorure d'hydrogène à l'aide d'un appareil portatif.

Recommandation 4. INTERVENTION DES SAPEURS-POMPIERS. Mesurer la concentration en fluorure d'hydrogène à l'aide d'un appareil portatif lors d'un incendie de véhicules dans un parc de stationnement.

Cette recommandation pourrait permettre également aux sapeurs-pompiers de désincarcérer le conducteur ou un passager coincés dans le véhicule après un accident conduisant à un début d'incendie.

Il est paradoxal de constater qu'aujourd'hui ce sont les incendies de batteries des engins mobiles électriques (vélo, trottinette, *hoverboard*⁶⁶...) qui conduisent aux conséquences les plus importantes en termes de vies humaines. Au-delà des améliorations à apporter à ce type de batteries, la mission recommandera donc la plus grande prudence dans la charge de ce type de batteries que ce soit à domicile ou dans des espaces confinés, y compris des parkings couverts, et proposera dans le chapitre suivant de renforcer la protection incendie des espaces dédiés au rechargement de ces engins.

Le véhicule hybride électrique, rechargeable ou non, utilise plusieurs motorisations, thermiques et électriques, et bénéficie à la fois d'un réservoir de carburant et d'une batterie électrique d'une taille plus petite que celle des véhicules électriques à part entière. Ils présentent donc une probabilité

⁶⁴ En ordre de grandeur, on retiendra qu'une batterie de 20 kWh peut être largement noyée par un volume de 50 litres d'eau. *Source Green Vision*

⁶⁵ La norme EN 469 relative à la protection du risque technique lors des attaques de feux de structures qui définit les caractéristiques des tenues d'intervention des sapeurs-pompiers n'est pas conçue pour protéger contre les gaz toxiques et en particulier contre le fluorure d'hydrogène.

⁶⁶ Hoverboard : gyropode sans guidon qui se manœuvre avec les pieds de type mono roue ou bi roues, dont l'énergie de la motorisation est assurée par une batterie.

d'incendie légèrement supérieure à celle des véhicules thermiques, résultant peut-être du cumul des probabilités de départ de feu de l'électrique et du thermique, un potentiel calorifique voisin des précédents, et un comportement au feu intermédiaire entre celui d'un véhicule thermique (avec un réservoir essence qui va brûler assez rapidement) et celui d'un véhicule électrique (dans lequel la batterie, si elle n'est pas à l'origine de l'incendie, prend feu plus tardivement. Là encore, le feu peut durer plusieurs heures et reprendre de manière visible plusieurs heures, voire plusieurs dizaines d'heures, après une première extinction apparente) rendant l'intervention des pompiers plus difficile. Au final, ce véhicule ne présentera pas de risque d'incendie différent de ceux présentés par les véhicules thermiques et électriques actuels.

2 Réduire les risques d'incendie et renforcer la protection incendie des parkings couverts

Classiquement, l'analyse de risques d'une installation consiste à identifier les types de dangers auxquels elle est confrontée puis à examiner la probabilité des différentes séquences accidentelles possibles ainsi que leurs conséquences potentielles.

Dans cette perspective, ce chapitre envisage dans une première partie la manière de réduire la probabilité d'incendie dans les parcs de stationnement-et propose un certain nombre de mesures en ce sens, puis, dans une deuxième partie, considère la possibilité d'un feu et examine les moyens d'en limiter les conséquences. À cette fin, il examine la protection incendie actuellement prévue par la réglementation pour les différents types de parkings couverts, considère les dispositions prises pour la protection incendie dans les réglementations étrangères et française, et énonce un certain nombre de principes destinés à renforcer cette protection. Ces principes ont de plus vocation à homogénéiser la protection incendie mise en place dans les différents types de parkings.

2.1 Réduire la probabilité d'occurrence d'un incendie dans un parking couvert

Ce paragraphe considère les différentes composantes pouvant entraîner un départ de feu lors de la recharge d'un véhicule électrique :

- l'installation électrique présente en amont de la borne de recharge ;
- la borne de recharge elle-même ;
- la batterie enfin du véhicule électrique.



Figure 4 : feu intervenu en août 2021 dans une concession de camping-cars en France à la suite d'un court-circuit lors de la recharge d'un véhicule électrique. En l'absence de borne de recharge, on aperçoit sortant de la fenêtre un câble de rallonge pour la recharge du véhicule. L'incendie a ravagé en grande partie le bâtiment administratif de la société ainsi que des éléments de l'atelier carrosserie

La mission constate que la réglementation relative à ces différentes composantes a connu de fortes évolutions en quelques années qui vont dans le sens d'un notable renforcement de la protection incendie.

Pourquoi ne faut-il pas recharger un véhicule électrique à partir d'une prise domestique et d'une rallonge ?

Selon une étude britannique⁶⁷, 74 % des propriétaires de véhicules électriques britanniques admettent avoir déjà rechargé leur véhicule électrique ou hybride rechargeable avec des câbles de rallonge inadaptés à leur domicile et avoir ainsi chargé leur véhicule de manière dangereuse. Certains reconnaissent même avoir utilisé plusieurs rallonges, des rallonges en guirlande, des multi-prises ainsi que des rallonges d'intérieur en extérieur. Comme le rappelle le site EVBOX⁶⁸ :

a) « les câbles de recharge permettant de connecter la voiture électrique à une prise domestique fournis par les constructeurs automobiles sont équipés de protection permettant de faire disjoncter le tableau électrique en cas de surintensité. Ces câbles sont faits pour protéger la voiture et la personne manipulant le câble, mais ne sont pas toujours capables de protéger la prise en cas de surchauffe, surtout si l'installation électrique de l'habitation est ancienne. Recharger son véhicule électrique en raccordant son câble de recharge à une rallonge standard pour atteindre le véhicule est dangereux. En effet, les rallonges et prises ne sont pas conçues pour laisser passer une telle intensité. Pour atteindre leur véhicule électrique, certains sont tentés d'utiliser une ou plusieurs rallonges. Cela entraîne un risque accru de choc électrique, et même d'incendie. Utiliser en extérieur une rallonge d'intérieur augmente également les risques d'électrocution en cas d'intempérie ». On retrouve là l'enseignement selon lequel une prise domestique n'est pas dimensionnée pour fonctionner en permanence pendant plusieurs dizaines d'heures ;

b) Recharger la batterie de son véhicule électrique avec une prise renforcée est sûr (à condition naturellement que l'installation électrique en amont soit adaptée). Les prises renforcées sont conçues pour être capables de délivrer 3,2 kW en 14 A pendant plusieurs heures d'affilées, au quotidien. Elles sont donc sûres, et obligatoirement équipées d'un disjoncteur différentiel adapté ;

c) Une autre solution consiste à charger la batterie de son véhicule électrique avec une borne de recharge. Celle-ci doit être installée par un électricien qualifié « Infrastructure de Recharge de Véhicule Électrique » (IRVE). Des protections sont installées en amont de la borne de recharge, au niveau du tableau électrique. De plus, un protocole standard permet à la borne de recharge et à la voiture de communiquer et de lancer ou stopper la charge : si la borne présente une surintensité, la voiture arrête la charge.

NB : l'utilisation, pour recharger son véhicule, d'une prise standard classique (prise E/F non renforcée) est déconseillée : elle risque en effet d'entraîner des risques de surchauffe si le réseau électrique est défectueux ou pas assez puissant.

2.1.1 La probabilité d'incendie liée à l'amont de la borne de recharge est bien couverte par les normes et la réglementation existantes dès lors que la recharge utilise une installation prévue à cet effet

a) *Les parcs de stationnement résidentiels.*

Pour alimenter des bornes de recharge dans un parking résidentiel, il existe quatre grandes familles de solutions :

⁶⁷ <https://www.electricalsafetyfirst.org.uk/media-centre/press-releases/2019/05/driven-to-danger-electric-vehicle-drivers-charging-dangerously-due-to-lack-of-public-infrastructure/>

⁶⁸ <https://blog.evbox.com/fr-fr/recharge-domicile-vehicule-electrique-borne-prise>

- les solutions de raccordement individuelles dans lesquelles chacun se raccorde au compteur des services généraux, ce qui peut très vite s'avérer complexe en termes de gestion physique des câbles et de facturation à répercuter au consommateur (la quantité d'électricité consommée par les points de recharge doit être déduite de la facture d'électricité des services généraux) : c'est le schéma un ci-dessous ;

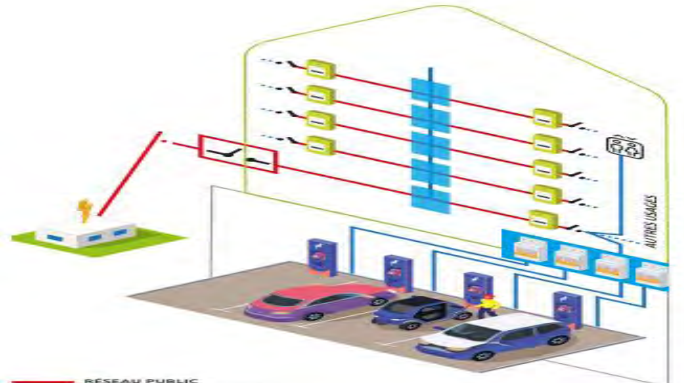
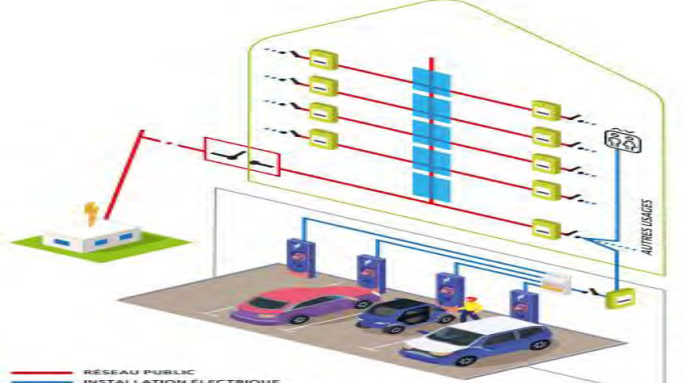
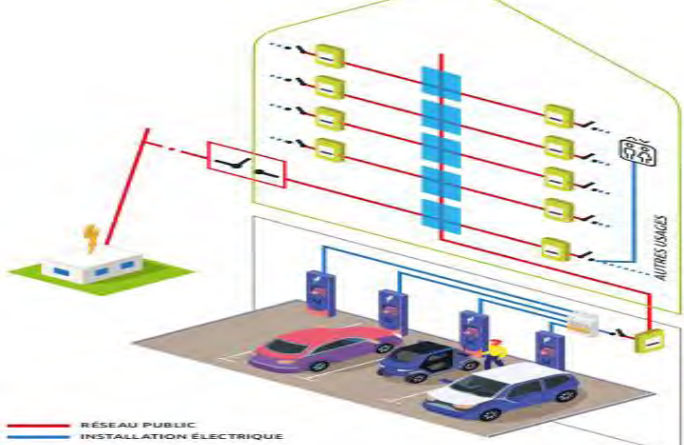
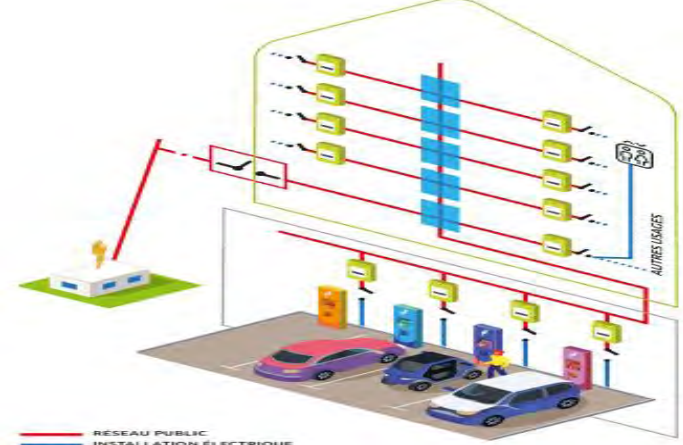
Schéma n°1 – raccordement individuel	Schéma n°2 nouveau point de livraison en aval compteur services généraux
	
<p>Il s'agit de relier la borne de recharge installée sur sa place de parking (mur ou potelé) au compteur des services généraux. Mais, le syndic devra réaliser une répartition complexe des consommations électriques et une refacturation à l'utilisateur de la borne et le cheminement des câbles peut devenir très complexe au fur et à mesure des installations individuelles si bien que la qualité de l'installation en pâtira au niveau sécurité électrique.</p>	<p>Ce type de raccordement consiste à brancher un nouveau point de livraison (compteur) en aval du compteur des services généraux et permet de séparer les consommations électriques des bornes de recharge du reste de la consommation des communs. La répartition des charges par le syndic ou le gestionnaire missionné par la copropriété pour gérer ses bornes sera ainsi facilitée. Chaque copropriétaire aura à sa charge les câbles à tirer de l'armoire électrique du nouveau point de livraison.</p>
Schéma n°3 : nouveau point de livraison en bas de colonne montante	Schéma n°4 : nouvelle colonne horizontale et points de livraison dédiés
	
<p>Après étude technique, Enedis ajoute un nouveau point de livraison en bas de colonne montante de l'immeuble. Chaque copropriétaire peut raccorder sa borne en ayant uniquement à sa charge les câbles à tirer de l'armoire électrique du nouveau point de livraison</p>	<p>ENEDIS installe une nouvelle colonne horizontale dotée pour chaque place de parking d'un pré-équipement de Point de Livraison, permettant à chaque copropriétaire, au fur et à mesure de ses besoins, d'installer un compteur et une borne, et de choisir son fournisseur d'électricité.</p>

Tableau 2 : différents schémas de raccordement d'une borne de recharge de véhicule électrique dans une copropriété (Source Enedis)⁶⁹

⁶⁹ <https://mobileese.com/installer-borne-recharge-copropriete>

- les solutions d'infrastructures de recharge de véhicule électrique (IRVE) privées proposées par des opérateurs de recharge qui permettent de confier l'ensemble de la prestation d'installation, de gestion de l'IRVE et de recharge à un acteur unique. Ces solutions engagent, contractuellement, la copropriété avec l'opérateur qui peut se brancher soit à l'aval du compteur des services généraux en installant un nouveau compteur global pour l'ensemble des points de recharge (schéma 3 ci-dessus,) soit, plus simplement, en bas de la colonne montante (schéma 3 ci-dessus) : chaque utilisateur peut alors passer un contrat avec le dit-opérateur pour recharger son véhicule ;
- les solutions dites « publiques » où le point de recharge de chaque client est connecté à une colonne électrique collective faisant partie intégrante du réseau public de distribution et installée par le gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (schéma 4 ci-dessus). Cette solution permet à chaque utilisateur d'une IRVE d'être autonome et indépendant, et de se raccorder à cette colonne électrique : il doit simplement faire équiper la place d'un point de livraison et d'une borne de recharge et passer un contrat avec un fournisseur d'électricité *qu'il choisit*. De plus, conformément à l'article L.353-12 du code de l'énergie⁷⁰ : la mise en place de la colonne électrique peut être prise en charge par le TURPE.

Dans les deux cas, la réalisation de ces infrastructures est désormais encadrée par des normes récemment révisées. L'arrêté du 3 août 2016⁷¹ réglemente en effet les installations électriques des bâtiments d'habitation⁷² : selon son article 4, leurs installations électriques sont présumées satisfaire les objectifs de l'arrêté si elles sont conçues et réalisées selon les normes suivantes :

- la norme C 15-100 ou NFC 15-100 est une norme électrique qui concerne les propriétaires qui construisent, rénovent ou agrandissent un logement. Elle a pour but d'assurer la sécurité et le confort des habitants d'un logement : elle impose ainsi un certain nombre de prises par pièces, ou des installations électriques plus sécurisées, en généralisant par exemple l'utilisation de disjoncteurs individuels plutôt que des fusibles. Dans le parking, elle s'applique à l'aval du point de fourniture du courant par Enedis. Elle prévoit notamment la mise en place de dispositifs différentiels à haute sensibilité (≤ 30 mA)⁷³ ;
- la norme NF C 14-100 s'applique aux distributeurs d'électricité⁷⁴ (notamment à ENEDIS) : elle définit les règles d'installation des réseaux publics. Elle s'applique donc en amont du point de livraison ou PDL. Sa nouvelle édition, homologuée en juillet 2021, :
 - impose une solution limitant le nombre de « canalisations » en utilisant une desserte en « arête de poisson » : celle-ci consiste à poser une canalisation collective de forte section, alimentant chaque point de charge par une dérivation individuelle avec une connectique adaptée, sans rajouter de matériel hormis des connecteurs ;
 - prévoit que l'alimentation ainsi réalisée dispose à son origine d'un organe de coupure manœuvrable sans protection complémentaire pour l'opérateur (ouverture autorisée

⁷⁰ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043964046/2022-05-06

⁷¹ Arrêté du 3 août 2016 portant réglementation des installations électriques des bâtiments d'habitation, <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000032975211/>

⁷² Les bâtiments d'habitation peuvent être définis ici comme les bâtiments ou parties de bâtiment abritant un ou plusieurs logements, y compris les foyers, tels que les foyers de jeunes travailleurs et les foyers pour personnes âgées. L'arrêté s'applique donc aux bâtiments collectifs comme aux bâtiments individuels.

⁷³ Les circuits cuisson, lave-linge et IRVE (infrastructure de recharge de véhicules électriques) doivent être protégés par un DDR de type A (ou type F, ou type B). Les autres circuits doivent être protégés par un DDR a minima de type AC (ou type A ou type F ou de type B). Le nombre maximum de circuits autorisé par DDR est de 8.

⁷⁴ Le réseau de distribution, exploité par le gestionnaire du réseau, achemine l'énergie grâce aux lignes de basse et de moyenne tension depuis le réseau RTE et les lignes de haute tension jusqu'au client final.

par les services d'intervention de secours). Il permet, si besoin, de maintenir sous tension, les installations de sécurité.

La qualité des travaux de mise en place de ces infrastructures a de plus été améliorée et fait l'objet de contrôles : le décret du 4 mai 2021⁷⁵ impose désormais que les points de recharge pour VE d'une puissance supérieure à 3,7 kW⁷⁶ de même que les travaux de maintenance soient réalisés par des professionnels habilités, titulaires d'une qualification accréditée de moins de quatre ans (article R. 4544-9 du code du travail). De plus l'obtention d'un certificat de conformité délivré par le dispositif Consuel⁷⁷ est obligatoire pour la mise en service ou la remise en service d'une infrastructure de recharge pour véhicule électrique. Cette obligation s'impose quels que soient la puissance et le type de raccordement dans un bâtiment collectif d'habitation. Dans les bâtiments individuels d'habitation, les établissements recevant du public ou des travailleurs, et sur le domaine public, elle ne s'adresse qu'aux bornes de plus de 36 kW quel que soit le type de raccordement.

L'Ineris souligne cependant que pour éviter un défaut de mode commun à plusieurs véhicules provenant par exemple d'une surtension de la source, il serait préférable d'installer un dispositif différentiel à haute sensibilité sur chacune des bornes de recharge d'un parc de stationnement collectif.

b) Les parcs de stationnement recevant du public.

L'article PS 19 du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP)⁷⁸ impose également le respect de la norme pour la mise en place des points de recharge dans les parcs de stationnement couverts recevant du public : « Les installations électriques des aires de stationnement sont réalisées dans les conditions requises par la norme NF C 15-100 pour ce qui concerne les locaux présentant des risques d'incendie (conditions d'influence externe BE 2) ».

c) Autres parcs de stationnement

Il conviendrait de vérifier que des dispositions identiques ou équivalentes existent également pour les parcs de stationnement relevant des réglementations IGH, BUP et ICPE, voire de les ajouter dans les réglementations correspondantes.

⁷⁵ Décret n° 2021-546 du 4 mai 2021 portant modification du décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000043475363/>

⁷⁶ Cette condition ne s'applique pas aux infrastructures d'une puissance totale inférieure ou égale à 3,7 kW installées dans un bâtiment privé ou dont la fonction principale n'est pas de recharger des véhicules électriques et qui ne sont pas accessibles au public, (art. 22 du décret 2017-26 du 12 janvier 2017). De telles infrastructures doivent néanmoins être conformes à la norme C 15-100 qui impose un circuit protégé par un disjoncteur 16 A.

⁷⁷ Créé en 1964, le Consuel est une association française reconnue d'utilité publique qui gère la conformité électrique. Chaque année, le Consuel réalise environ 220 000 interventions en France, avec l'aide de 340 collaborateurs, dont 200 sont des inspecteurs. Avant de délivrer de l'électricité à une installation, les distributeurs ont l'obligation d'exiger une attestation de conformité qui valide la sécurité de l'installation. Ainsi, à chaque mise en service d'un compteur électrique, le particulier et le professionnel doivent se soumettre à la visite d'un membre de l'équipe du Consuel. <https://www.monconseillerenergie.fr/consuel-une-mission-de-securisation-des-installations-electriques/>

⁷⁸ Article PS29 de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié par l'arrêté du 19 décembre 2017. *Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP)*. voir <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061> et <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

2.1.2 Réduire le risque d'incendie lié aux bornes de recharge

Les principales exigences en matière de sécurité (notamment électrique) sont portées par la série de normes IEC 61851 :

- Pour les bornes DC : IEC 61851-1, IEC 61851-21-2, IEC 61851-22, IEC 62479, IEC 61851-23
- Pour les bornes AC: IEC 62196-1, IEC 62196-2, IEC 61851-22, IEC 61851-1

Trois améliorations semblent cependant possibles pour Izivia :

- la série de norme IEC 61851-1 prévoit notamment des essais de fonctionnement à température minimale et en chaleur humide. La borne supérieure du domaine de fonctionnement en température (40°C) gagnerait à être augmentée pour que les essais reflètent mieux les conditions auxquelles les bornes pourraient être soumises. Une température de 50°C serait plus représentative des conditions que pourrait subir dans le futur une borne en été exposée au soleil, notamment du fait du réchauffement climatique ;
- au-delà de la seule thématique de la sécurité incendie, afin de limiter les essais de qualification à réaliser en interne, IZIVIA se dit favorable à un enrichissement du corpus normatif avec des essais d'endurance (fonctionnement de la borne sur plusieurs heures à sa puissance maximale) et de vieillissement ;
- enfin, en ce qui concerne le protocole de communication entre le véhicule et la borne de recharge, IZIVIA se dit favorable à un développement de certifications des nouvelles versions du protocole OCPP (*Open Charge Point Protocol*) plus large qu'actuellement.

Il existe deux types de bornes de recharge pour véhicules électriques : les bornes en courant alternatif (AC) et celles en courant continu (DC) :

- les bornes en courant alternatifs sont des bornes de 3 à 7,5 kW (lorsque le raccordement est monophasé ce qui est le cas des ménages), voire 22,5 kW (pour les entreprises raccordées en triphasé). Elles transmettent le courant alternatif au véhicule qui le transforme ensuite en courant continu afin qu'il puisse être stocké dans la batterie. La puissance de la charge est quasiment constante ;
- les bornes en courant continu, dont les plus courantes ont actuellement une puissance de 50 à 100 kW, vont transformer le courant alternatif en courant continu et vont pouvoir ainsi recharger 10 à 50 fois plus vite le véhicule électrique⁷⁹. Dotées d'un convertisseur intégré, les bornes de recharge DC seront plus volumineuses et plus onéreuses, Elles utilisent également une intensité de courant nettement supérieure : le réseau électrique domestique classique ne convient pas à leur usage. Il faut donc faire appel à un électricien agréé pour rehausser l'intensité du réseau à au moins 125 Ampères, ce qui occasionne des surcoûts en matière de travaux et d'abonnement puisqu'il faut souscrire une formule plus haute auprès du fournisseur en énergie⁸⁰. Outre le caractère technique des équipements à adapter, les fortes intensités de courant peuvent être sujettes à des élévations importantes de température pouvant causer des dysfonctionnements voire des début d'incendies, même si aucun incident de ce type n'a été rapporté à la mission.

⁷⁹ Puissance de 22 à 150 kW

⁸⁰ Voir notamment <https://rossinienergy.com/differences-courant-continu-courant-alternatif/>

2.1.3 Même si la notion de batterie intrinsèquement sûre reste aujourd'hui un concept, la conception des batteries est en amélioration constante

Si l'invention de la batterie au lithium a marqué une étape importante dans le développement des véhicules électriques et a été récompensée (longtemps après) par l'attribution du prix Nobel en 2019, les batteries font toujours l'objet de très nombreuses innovations technologiques destinées à en améliorer les performances physiques (densité énergétique massique ou volumique, vitesse de recharge, durée de fonctionnement ...) mais aussi économiques et de sécurité. L'idéal serait d'arriver à une batterie intrinsèquement sûre qui ne présente pas de risque d'emballement thermique ou de départ de feu : si certaines compositions chimiques s'en rapprochent, cet objectif n'est cependant pas encore atteint.

La gestion électronique de la batterie, le BMS, qui a pour but de garder le fonctionnement des différents éléments de la batterie dans des plages acceptables, va jouer un rôle déterminant dans la prévention des incendies même si elle ne suffit pas à les prévenir. La réglementation et les exigences de sécurité imposées aux batteries sont renforcées en parallèle régulièrement au fur et à mesure du temps et améliorent nettement les conditions de sécurité mais sans toutefois permettre d'éviter ce risque.

Se pose dès lors la question de l'extinction d'un feu de batterie qui ne donne pas encore lieu à un consensus sur la solution à adopter.

2.1.3.1 Le BMS, battery management system, est un élément essentiel du bon fonctionnement de la batterie et de la protection contre l'incendie

Comme le souligne l'Ineris⁸¹, l'une des pièces principales des batteries réside dans le système de gestion de la batterie et de ses différents éléments. C'est ce BMS qui a la responsabilité d'éviter l'emballement thermique des éléments. « Il ne fait pas que surveiller le pack, il en est le véritable chef d'orchestre : il prend aussi des décisions concernant l'usage et la gestion optimale du pack batterie. En particulier, en se basant sur les informations remontées par ses capteurs de température, de tension, et de courant, le BMS va estimer les états internes du pack pour connaître son état de charge, son état de santé ou la puissance qu'il est capable de délivrer, tout en restant dans ses conditions d'utilisation sûres ».

Le BMS se révèle donc un outil indispensable à la bonne gestion de la batterie. Sa conception peut cependant s'avérer complexe lorsque le nombre de cellules dans une batterie est très important (une batterie de Tesla contient des dizaines de milliers de cellules, un système stationnaire en gère un nombre encore plus important) ou lorsque la tension aux bornes de la cellule ne varie quasiment pas en fonction de l'état de la charge (cas du lithium phosphate de fer notamment). Le rôle du BMS en cas de recharge rapide à plus de 300 kW devient primordial. L'INERIS constate donc que le nombre d'articles scientifiques consacré à sa conception est en très forte augmentation et s'interroge à la fois sur la possibilité de réaliser un banc d'essai permettant de tester les BMS actuels et de travailler sur une nouvelle norme.

Si le BMS a traditionnellement servi à homogénéiser la tension aux bornes des cellules de façon à éviter le vieillissement accéléré de certaines d'entre elles, il peut également permettre de renseigner un nombre de paramètres de plus en plus important et d'assurer ainsi un meilleur fonctionnement de la

⁸¹ Rôles des Systèmes de Gestion de Batterie (Battery Management System) dans la sécurité des packs, Ineris - 07/09/2020, <https://www.ineris.fr/fr/roles-systemes-gestion-batterie-battery-management-systems-securite-packs>

batterie. Cette évolution du BMS peut ainsi être illustrée à travers les deux idées suivantes :

- la première consiste à mesurer un plus grand nombre de paramètres décrivant l'état de la batterie et de ses cellules pour gérer le fonctionnement de la batterie, et notamment sa recharge, de manière à minimiser le vieillissement de ses différentes composantes. La figure ci-dessous donne ainsi l'exemple d'une charge d'une cellule de batterie (5,3 Ah) contrôlée à partir de la température interne (qui ne doit pas dépasser 35 °C) et de la puissance de la recharge (égale soit à 0,7C soit à 0,5C) : le temps de recharge ainsi obtenu est de 95 mn alors qu'il aurait été de 120 mn dans une recharge normale ;

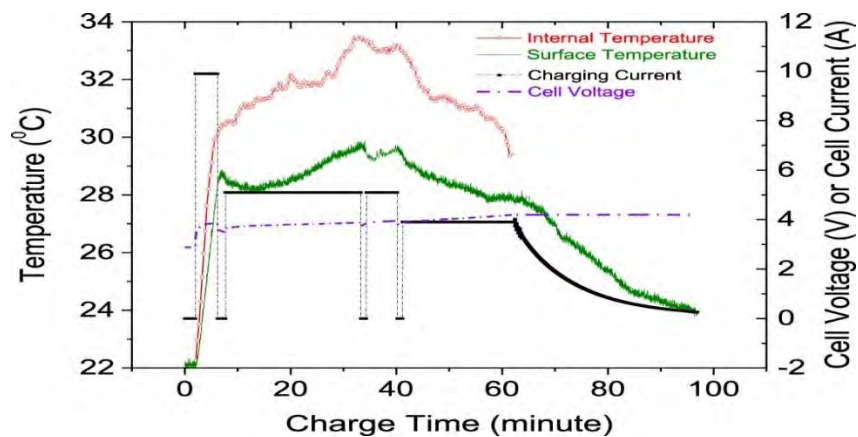


Figure 5 : exemple d'une recharge de cellule à l'aide d'un BMS contrôlant la température interne de la cellule⁸².

- plus généralement, le BMS peut être également capable de prévenir un certain nombre de défaillances de la batterie en maintenant son fonctionnement à l'intérieur d'un domaine réputé sûr : il peut ainsi limiter le nombre de charges/décharges, la puissance de recharge, ou, même comme l'exemple de Hyundai l'a montré, la limitation de la charge elle-même. Il peut détecter également des phénomènes anormaux tels qu'une augmentation anormale de la résistance, voire de l'impédance⁸³, d'une cellule.

Ainsi, le BMS va être un objet complexe qui devrait permettre d'écarter de plus en plus la probabilité d'emballement thermique d'une cellule. Malgré ces développements récents, le BMS ne permet cependant pas d'écarter le risque.

La mission ne peut que rejoindre les conclusions de l'Ineris⁸⁴ qui souligne que la conception du BMS est déjà régie par un certain nombre de normes, mais que les développements technologiques récents devraient conduire à un approfondissement européen de ces normes (voire de la réglementation) : l'Ineris souligne qu'il existe déjà une norme chinoise QC/T 897-2011⁸⁵ dédiée au BMS des véhicules électriques ainsi qu'une proposition indienne de création d'une norme internationale IEC. La mission soulignera de plus qu'à défaut de pouvoir compter sur un BMS de bonne qualité, des mesures renforcées de protection contre l'incendie devront être prises : c'est en

⁸² Review—*Thermal Safety Management in Li-Ion Batteries: Current Issues and Perspectives*, Rengaswamy Srinivasan, Plamen A. Demirev, Bliss G. Carkhuff, Shriram Santhanagopalan, Judith A. Jeevarajan and Thomas P. Barrera, 2020 J. Electrochem. Soc. 167 140516 <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1945-7111/abc0a5>

⁸³ L'impédance désigne la grandeur physique qui correspond, pour les courants alternatifs, à l'équivalent de la résistance pour les courants continus. Son symbole est Z et sa valeur est l'Ohm.

⁸⁴ *Rôles des Systèmes de Gestion de Batterie (Battery Management System) dans la sécurité des packs*, Ineris - 07/09/2020, <https://www.ineris.fr/fr/roles-systemes-gestion-batterie-battery-management-systems-securite-packs>

⁸⁵ <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/QCT897-2011>

particulier le cas des vélos électriques ou des *hoverboards* qui ne disposent pas tous de BMS de bonne qualité.

2.1.3.2 La réglementation des batteries est en constante évolution : elle permet de protéger les passagers contre l'emballement thermique de la batterie, mais ne permet pas aujourd'hui de prévenir ce phénomène

L'accord de Genève signé en mars 1958, relatif aux prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules ainsi qu'aux conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées⁸⁶ constitue le cadre juridique actuel permettant aux pays participants d'adopter un ensemble commun de règles pour l'homologation des véhicules et des pièces détachées dans le monde entier : c'est le Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules (*World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations*), aussi appelé WP 29, qui est en charge d'approuver les règlements correspondants.

Ces règlements, extrêmement techniques et précis, dont le nombre dépasse la centaine, définissent les conditions à respecter par les différentes composantes d'un véhicule pour que celui-ci puisse être homologué et que cette homologation soit reconnue à l'international. C'est le règlement 100 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) qui fixe ainsi les prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules électriques à batterie en ce qui concerne les prescriptions particulières applicables à la construction, à la sécurité fonctionnelle et aux dégagements d'hydrogène. Sa troisième série d'amendements, adoptée en réunion plénière à Genève en novembre 2020, est entrée en vigueur le 9 juin 2021 et s'applique aux nouvelles homologations de véhicules à partir du premier septembre 2023 : elle a été reprise dans le Journal officiel de l'Union européenne le 15 décembre⁸⁷ et s'impose ainsi sur le territoire européen⁸⁸.

Sa partie 2 concerne les prescriptions applicables à la sécurité d'un système rechargeable de stockage de l'énergie électrique (SRSEE), autrement dit d'une batterie.

Plusieurs essais sont demandés : vibration, choc et cycle thermiques, impacts thermiques, protection contre les courts-circuits externes, protection contre une surcharge, protection contre les décharges excessives, protection contre la surchauffe, protection contre les surintensités. Pour ces essais, un des critères d'acceptation est l'absence de feu. L'essai de protection contre les surcharges a par exemple pour objet de contrôler l'efficacité de la batterie à éviter des dégâts graves découlant d'un niveau de charge trop élevé.

Il contient également un certain nombre de prescriptions relatives à la propagation thermique : lorsqu'une batterie contient un électrolyte inflammable, les occupants du véhicule ne doivent pas être exposés à un environnement dangereux du fait d'une propagation thermique déclenchée par un court-circuit interne entraînant l'emballement thermique d'une pile. **Pour cela, il doit être satisfait aux prescriptions suivantes :**

- **la batterie ou le système du véhicule « doit émettre un signal activant un signal d'alerte cinq minutes avant que ne puisse survenir une situation dangereuse à l'intérieur de**

⁸⁶ Son titre exact est le suivant : « :« Accord concernant l'adoption de prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules à roues, aux équipements et aux pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur un véhicule à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces prescriptions » https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsV.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-1&chapter=11&Temp=mtdsg5&clang= fr

⁸⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2021:449:FULL&from=EN>

⁸⁸ D'un point de vue juridique, c'est le texte original de la CEE (ONU) qui a un effet légal en vertu du droit public international.

l'habitacle (incendie, explosion ou fumée) en raison d'une propagation thermique causée par un court-circuit interne ayant entraîné l'emballement thermique d'une pile, **de sorte que les occupants aient le temps de sortir du véhicule**. Cette prescription est réputée satisfaite si la propagation thermique n'a pas pour conséquence une situation dangereuse pour les occupants du véhicule » ;

- « **La batterie ou le système du véhicule doit posséder des fonctions ou des caractéristiques conçues pour protéger les occupants en cas de propagation thermique causée par un court-circuit interne ayant entraîné l'emballement thermique d'une pile** ».

Ces prescriptions s'appliquent à la chaîne de traction électrique des véhicules routiers des catégories M et N dont la vitesse par construction dépasse 25 km/h, équipés d'un ou plusieurs moteurs de traction mus par l'électricité. Elles concernent ainsi non seulement les véhicules électriques (y compris hybrides) pour les particuliers, les bus et les cars mais aussi les VUL et les poids lourds. Elles n'entreront cependant en application qu'à partir du premier septembre 2023 pour les nouvelles homologations de véhicules.

Elles peuvent par exemple conduire à chercher à contenir les effets de l'emballement à l'intérieur d'une enveloppe de protection ou à veiller à ce que la fumée ne pénètre pas à l'intérieur de l'habitacle pendant une durée suffisante.

Des discussions sont actuellement en cours dans cette instance afin de limiter le risque d'emballement thermique ainsi que sa propagation entre cellules. Elles portent plus spécifiquement sur :

- le type d'essai à réaliser : comment déclenche-t-on l'emballement thermique d'une cellule ? Comment doit-on évaluer les fumées présentes dans l'habitacle et leur opacité ? Quelles sont les différences de résultats possibles entre des tests menés sur le véhicule électrique ou sur le seul pack de batteries ?
- le signal activant l'alerte : à quoi doit correspondre la détection précoce ? Sur qui et comment doit être répercutée une alarme ?
- les prescriptions nécessaires en fonction de l'état du véhicule : doit-on tester le véhicule lorsqu'il est à l'arrêt (ce qui veut dire que ni l'ordinateur de bord ni les capteurs ne sont activés) ? Cependant, il existe plusieurs modes de stationnement ou de « parking » suivant que le contact est allumé ou non, qu'une vitesse est engagée ou non, que le véhicule est relié au réseau et en cours de chargement, qu'un système de refroidissement est en activité, et que le BMS est actif ou non.

Pour la mission, la mise en place d'un dispositif de détection de fumées à l'intérieur même de la batterie permettant de détecter de manière précoce un départ de feu à l'intérieur même de celle-ci mériterait d'être examinée attentivement.

Typical operation modes	Vehicle status			REESS status			Severity
	Main SW	Shift	Energy supply	Power line	Cooling	BMS	
(a) Usual parking	OFF	P	Disconnected	Disconnected	Not operational	Not energized	☹☹☹☹☹☹
	OFF	P	Disconnected	Disconnected	Not operational	Energized (Event wake-up or periodic wake-up)	☹☹☹☹☹
	OFF	P	Disconnected	Connected	Limited	Energized (Event wake-up or periodic wake-up)	☹☹☹☹
	OFF	P	Disconnected	Connected	Operational	Energized (Event wake-up or periodic wake-up)	☹☹☹
(b) External charging	OFF	P	Connected	Connected	Limited	Energized	☹☹☹☹
	OFF	P	Connected	Connected	Enhanced by external cooling from charger	Energized	☹☹
(c) Temporary parking	ON	P	Disconnected	Connected	Operational	Energized	☹☹☹
(d) Active driving possible mode	ON	D/R etc.	Disconnected	Connected	Operational	Energized	☹☹☹

Figure 6 : les différents modes d'arrêt possible en cours de discussion (tableau transmis par la DGEC)

2.1.3.3 Il existe plusieurs techniques d'extinction et de lutte contre l'incendie des véhicules électriques qui ne font consensus ni parmi les constructeurs ni parmi les services d'incendie et de secours

Si la difficulté d'éteindre un feu de batteries et si la possibilité de reprise du feu plusieurs heures après une première extinction font désormais consensus, les méthodes pour remédier à cette difficulté et pour éteindre l'incendie vont varier fortement d'un pays à l'autre et d'un constructeur à l'autre :

- les pompiers allemands préconisent d'attaquer l'incendie avec de l'eau et de placer le véhicule en feu dans un container rempli d'eau. La mission souligne que cette méthode est applicable essentiellement en plein air et nécessite de disposer d'équipements de levage et de container(s) que les services de secours français ne possèdent généralement pas dans leur « arsenal » opérationnel. Par ailleurs, la généralisation du véhicule électrique *imposera* une réponse opérationnelle homogène sur le territoire national et ce, quelle que soit la caractéristique du service d'incendie et secours (zone rurale, montagne, urbaine...);
- Tesla recommande de lever le véhicule sur le côté et de déverser de l'eau sur la batterie afin de la refroidir et d'éviter l'emballement thermique : Tesla recommande également d'utiliser une caméra thermique pour mesurer la température de la batterie et déterminer s'il est nécessaire ou non de continuer à déverser de l'eau pour la refroidir. Dans cette procédure, ce seront cependant des milliers de gallons – un rapport du *National Transportation Safety Board* américain⁸⁹, le NSTB, souligne ainsi qu'à Lake Forest en Californie, les pompiers ont ainsi utilisé près de 20 000 gallons⁹⁰ (soit environ 75 000 litres³) en août 2017 pour combattre un feu survenu sur une Tesla model X sport - , qui seront nécessaires pour venir à bout d'un incendie

⁸⁹ *Safety Risks to Emergency Responders from Lithium-Ion Battery Fires in Electric Vehicles, Safety Report*, National Transportation Safety Board, adopted november 13,2020

<https://www.nts.gov/news/press-releases/Pages/NR20210113.aspx>

⁹⁰ Un gallon US représente 3,785 litres : 8000 gallons correspondent ainsi à 30 000 litres, soit l'équivalent d'un camion-citerne de grande capacité des SDIS destinés au ravitaillement en eau sur les incendie de forêts en France.

portant sur un seul véhicule. Tesla déconseille également de chercher à introduire de l'eau dans la batterie ou de noyer le véhicule ce qui pourrait conduire au redémarrage du feu.



Figure 7 : levage d'un véhicule Tesla pour combattre l'incendie
(Source : slides envoyés par Tesla)

Si cette procédure peut être efficace pour un véhicule isolé en plein air, la mission la considère néanmoins inadaptée dans le cas d'un feu de parking. La mission constate que l'emploi de la caméra thermique s'est généralisé au sein des services de secours français pour vérifier la présence de points chauds lors des incendies de structures essentiellement. En revanche, la mobilisation de volumes d'eau de 75 mètres cubes correspond à des capacités de réseaux importants, pas toujours disponibles, notamment en zone rurale, ainsi que des capacités de citernes mobiles qui ne sont pas présentes dans chaque centre d'incendie et de secours de base (la norme des citernes des véhicules incendies étant autour de 2 à 4 mètres cubes, voire 30 mètres cubes exceptionnellement pour les camions citerne de grande capacité, utilisés en particulier pour les incendies de forêts). La mission ainsi que les différents acteurs institutionnels du secours en France considèrent que ce type d'intervention, difficilement généralisable sur l'ensemble du territoire, n'est pas adapté à un feu de véhicule(s) électrique(s) ;

- depuis le début des années 2010, Renault a conçu avec l'aide du SDIS 78 un *fireman access* ; ce dispositif consiste en un tuyau fermé par un bouchon thermo-fusible reliant la batterie à un entonnoir situé au niveau de la banquette arrière du véhicule et permettant d'injecter de l'eau dans la batterie ce qui la refroidit et permet d'arrêter à la fois l'incendie et l'emballement thermique en moins de cinq minutes. Dans sa version actuelle, ce bouchon peut également se rompre sous l'effet d'une lance à eau. La mission considère que ce dispositif présente le mérite d'être basique et utilisable avec l'ensemble des équipements et des techniques actuelles des services d'incendies et de secours français. Il suffit d'un simple véhicule de lutte et d'une équipe de plusieurs sapeurs-pompiers. En revanche, la technique de visée pour atteindre le « *fireman acces* » dans un parking enfumé semble plus aléatoire lorsque le feu concerne plusieurs véhicules ;
- une autre méthode consiste à équiper la batterie d'un système d'extinction automatique qui injecte un produit arrêtant l'incendie dans la batterie lorsqu'il se déclare. Cette méthode n'est cependant valable que si le produit injecté permet de refroidir effectivement la batterie (ce qui élimine les gaz inertes ou les produits qui ne font qu'étouffer la réaction) et d'empêcher de nouvelles réactions thermiques, et que si la quantité de produit injecté est suffisante. Un tel

dispositif, s'il s'avère véritablement efficace, sera probablement réservé aux véhicules lourds (qui sont les seuls à pouvoir accueillir un réservoir contenant un volume suffisant de produit). Cette solution « intrinsèque » pourrait constituer, pour la mission, une réponse très opportune complémentaire de l'intervention des services publics de lutte contre l'incendie ; elle devrait également donner aux occupants du véhicule le temps nécessaire pour l'évacuer ;

- les pompiers autrichiens proposent d'utiliser un robot qui vient se placer sous la batterie, qui la perce et qui injecte ensuite de l'eau : là encore, cette technique, extrêmement bien conçue, paraît difficilement applicable dans un parc de stationnement couvert ;
- certains acteurs ⁹¹ enfin prônent l'utilisation de « couvertures » anti-feu, contenant par exemple des fibres de verre : la vidéo réalisée lors d'essais menés sur le Centre de Saragosse en Espagne ⁹² montre que lorsqu'on recouvre un véhicule électrique en feu à l'aide de couvertures de ce type (pesant environ 25 kg pour une taille de 6x9 mètres), le feu est nettement ralenti, la température très nettement abaissée et la propagation du feu stoppée. Il convient cependant de souligner que si un tel dispositif (de même qu'un produit d'inertage) permet de ralentir le feu et d'arrêter sa propagation, il ne permet en aucun cas d'arrêter l'incendie qui va reprendre dès lors qu'on retire la couverture comme le montre la vidéo déjà mentionnée.

Dans le rapport déjà cité, le NTSB conclut que les instructions contenues dans les guides d'intervention d'urgence de la plupart des fabricants pour lutter contre les incendies de batteries lithium-ion haute tension ne sont pas suffisamment précis pour éteindre les incendies qui se déclarent. Il note également qu'en France, Renault (dont les véhicules qui ne sont pas importés aux États-Unis n'ont pas été examinés par le NSTB) a travaillé avec les services d'incendie et d'urgence pour concevoir des orifices d'entrée par lesquels, en cas d'incendie, l'eau pourrait être directement versée à l'intérieur de l'enveloppe contenant les batteries lithium-ion de ses véhicules électriques et que, selon un site Web de l'entreprise, les pompiers peuvent ainsi éteindre un incendie de batterie en moins de cinq minutes⁹³.

Plus généralement, le NSTB recommande donc que les fabricants de véhicules électriques équipés de batteries lithium-ion haute tension appliquent dans la rédaction de leurs guides d'intervention d'urgence la norme ISO 17840, conformément à la pratique recommandée par la norme SAE J2990, et intègrent des informations spécifiques au véhicule sur (1) la lutte contre les incendies de batterie lithium-ion de haute tension ; (2) l'atténuation de l'emballement thermique et le risque de redémarrage du feu de la batterie lithium-ion haute tension ; (3) l'atténuation des risques associés à l'énergie encore présente dans les batteries lithium-ion haute tension, à la fois pendant l'intervention d'urgence initiale et avant de déplacer un véhicule électrique endommagé de la scène ; et (4) le stockage en toute sécurité d'un véhicule électrique dont la batterie lithium-ion haute tension est endommagée.

La mission peut comprendre l'interrogation théorique de Tesla qui souhaite éviter l'injection d'eau sur une batterie lithium pour éviter toute aggravation du feu. Ceci dit, elle ne peut que constater que le *fireman access* permet aujourd'hui d'arrêter un feu de véhicule électrique en quelques minutes et que des techniques d'extinction automatique se développent : elle recommandera donc que la notation Euro NCAP, qui permet au consommateur de comparer plus aisément les véhicules et de l'aider à faire

⁹¹ Voir par exemple

https://firetexx.eu/products/car-fire-blanket/?gclid=Cj0KQCjwvtvqVBhCVARIsAFUxcRtkKNZjIOsIRwdkil7gxTDzbQ8nfDmyhvyAx_uKx2Ljzlf5yuPR7kQaAoyPEALw_wcB

⁹² <https://www.youtube.com/watch?v=yO8cVWOqZcg>

⁹³ Le rapport du NSTB mentionne le chiffre d'une minute. Voir par exemple

<https://en.media.renaultgroup.com/news/a-fireman-at-renault-group-engineering-c33f-989c5.html>

le choix le plus sûr en fonction de ses besoins, prenne en compte un critère lié à la possibilité d'arrêter rapidement un feu de batteries d'un véhicule électrique.

La mission suggère que les techniques d'interventions en adéquation avec les solutions des constructeurs respectent un principe de généralité et restent simples. Il n'est pas concevable qu'il y ait autant de techniques d'intervention que de solutions ou d'innovations des constructeurs. **La mission suggère d'inverser l'approche : le principe pourrait être que les solutions constructrices soient compatibles avec les équipements et les techniques des services d'incendie et de secours et non pas que les services d'incendie et de secours soient en permanence dans l'obligation d'adapter leurs techniques et leurs équipements aux innovations et solutions des constructeurs.** Un partenariat Services de secours – constructeurs devrait être établi à une échelle supra nationale, *a minima* européenne, dans le prolongement de la notation Euro NCAP.

Recommandation 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 6. MATERIEL D'INTERVENTION. *Doter les parcs de stationnement de tous types (ERP, IGH, BUP, Habitation) ainsi que les véhicules des services de secours des couvertures anti feu adaptées (type matériau fibre de verre – care fire blankets) permettant de ralentir la propagation du feu et de réduire les températures atteintes (DGSCGC).*

2.2 Les principaux enseignements de l'évolution des réglementations étrangères de protection contre l'incendie des parcs de stationnement

La mission a mené une analyse de la réglementation étrangère à partir de la littérature existante mais aussi grâce au retour des services économiques présents dans certaines ambassades (Allemagne, Pays-Bas, Italie, Suède). De cette analyse, détaillée en annexe, ressortent les éléments suivants :

- les deux incendies survenus sur des parkings couverts, ouverts en façades, à Liverpool, en décembre 2017 et sur l'aéroport de Stavanger à Sola, en janvier 2020, ont conduit à la prise de conscience brutale, principalement de la communauté anglo-saxonne du feu, de l'inadaptation des dispositifs de protection contre l'incendie utilisés dans certains parcs de stationnement. C'est à la suite de ces incidents que les pompiers américains ont réalisé une analyse du risque incendie dans les parcs de stationnement et ont souligné l'évolution de la composition des véhicules actuels. Celle-ci a conduit à un renforcement aux États-Unis du déploiement du *sprinklage* dans les parkings couverts qui n'étaient pas équipés ainsi que dans les parkings couverts largement ventilés et à un programme de recherche complémentaire pour mieux apprécier notamment l'efficacité du *sprinklage* dans les parkings largement ventilés. Compte tenu des difficultés rencontrées, un certain nombre de pays vont renforcer la protection incendie de leurs parkings pour cette raison ;
- quel que soit le parc de stationnement, il n'existe pas aux États-Unis, de dissociation de la réglementation entre différents types de parcs de stationnement (ERP, BUP, Habitation) ;
- les Pays Bas renforcent également la protection des parcs de stationnement situés sous des espaces destinés à d'autres utilisations;

- au-delà des normes relatives à l'installation des bornes de recharge et du réseau électrique, aucun pays (hormis la Belgique) ne prend de mesures particulières sur la protection incendie dans les parkings liée à la présence de véhicules électriques. La mission n'a pas trouvé de prescriptions particulières relatives à la protection incendie des parkings en relation avec le déploiement de bornes de recharges rapides ;
- la Norvège qui est le pays qui compte aujourd'hui en Europe le plus fort pourcentage de véhicules électriques ne prend pas de dispositions particulières, mais insiste très fortement sur la nécessité d'utiliser les câbles de recharge fournis par le constructeur et d'éviter de recharger un véhicule sur des prises non adaptées ou en utilisant des rallonges ;
- la Belgique constitue un cas à part, détaillé en annexe, par son souci de traiter la question de l'incendie dans les parkings : ceci a conduit la région de Bruxelles-capitale à imposer le *sprinklage* à l'occasion des premiers déploiements de bornes de recharge, puis à considérer que les règles qu'elle avait retenues en matière de protection incendie pour l'implantation de bornes de recharge dans les parkings étaient excessives⁹⁴ et à revenir en arrière en 2020. En parallèle, le ministère de l'Intérieur belge a renforcé les mesures de protection contre l'incendie dans les parkings existants pour tenir compte de l'évolution des matériaux présents dans les véhicules thermiques actuels et a participé dans le cadre du *Fireforum asbl* à la définition d'un Code de bonne pratique contenant un ensemble cohérent de règles de sécurité incendie pour les véhicules électriques dans les parcs de stationnement.

2.3 Dix pistes d'amélioration de la protection contre l'incendie des parkings couverts

Si, dans le passé, la survenue d'un incendie dans un parking couvert échappant au contrôle des services d'incendie et de secours était considérée comme très faible, sinon quasiment nulle, l'évolution des véhicules actuels de même que les incendies survenus ces dernières années montrent que ce risque doit désormais être réévalué et pris en compte par des mesures réglementaires et/ou organisationnelles. La présence de véhicules électriques et de bornes de recharge ne semble pas apporter de risques supplémentaires : le comportement au feu de ces véhicules est néanmoins différent et rend l'intervention des sapeurs-pompiers plus difficile. De plus, même si les bornes de recharge rapide ne semblent pas présenter de risque supplémentaires par rapport à des points de recharge normale, la mission recommande d'adopter des mesures complémentaires dans une démarche de précaution pour leurs installations : celles-ci pourront être atténuées dans quelques années en fonction de l'analyse de leur fonctionnement, et des incendies auxquels elles auront pu, ou non, conduire.

La mission en déduit donc dix recommandations énoncées ci-dessous. Leur logique est la suivante :

- les incendies majeurs survenus montrent la nécessité de définir ou de redéfinir des scénarios de référence pour le risque d'incendie dans un parc de stationnement ;
- la mise en place d'un système d'alarme et d'extinction automatique paraît nécessaire :
 - pour les parcs de stationnement recevant du public (ERP) ou des visiteurs (dans le cas des parcs de stationnement à usage professionnel) : les usagers du parkings ne sont pas censés connaître les sorties du parking. Rentrent également dans cette catégorie les parcs de stationnement résidentiels dans lesquels plus de dix places de

⁹⁴ <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/juridique/bornes-nouvelles-regles-incendie-bruxelles-parking-siamu.html>

stationnement sont utilisées par des personnes extérieures à l'immeuble pour une durée inférieure à 30 jours consécutifs : « l'usage de ces parcs par des personnes non familiarisées à leurs moyens de secours particuliers mis à leur disposition et aux possibilités d'évacuation en cas de sinistre justifie en effet de les assujettir aux normes des établissements recevant du public (ERP) »⁹⁵. C'est le sens de l'arrêté du 7 décembre 2020⁹⁶ ;

- ainsi que pour les parkings dont la ruine pourrait entraîner des conséquences importantes : parcs de stationnement présents dans des immeubles de grande hauteur ou situés sous des espaces pouvant recevoir du public (centres commerciaux, hôtels, ...) ou des salariés ;

Dans les deux cas, la mission estime que cette mesure s'impose pour les parkings neufs et doit être appliquée **rétroactivement** dans des délais à définir (ne dépassant pas 2030) pour les parkings existants.

Il convient de rappeler que le *sprinklage* n'a pas pour rôle d'éteindre l'incendie mais de retarder suffisamment sa propagation pour que les sapeurs-pompiers puissent le maîtriser dans un deuxième temps ;

- les parcs de stationnement privés résidentiels, non situés sous des bâtiments utilisés à d'autres fins, présentent également des risques d'incendie importants mais leurs usagers sont réputés connaître les cheminements et les accès vers les sorties. La mission recommande de mettre en place des systèmes de détection et d'extinction fixe de type « sprinklage » alimentés par des colonnes horizontales sèches pour les parcs de stationnement neufs avec un compartimentage adapté aux capacités du sprinklage. Dans les parcs de stationnement existants, la mission conseille l'installation de tels systèmes. Ces dispositifs à installer permettraient de réduire les propagations des incendies de voitures et de faciliter l'intervention des services de secours. Par ailleurs leur installation ne nécessiterait pas d'infrastructures lourdes (réserve d'eau, pompe...) à l'identique d'un système d'extinction automatique de type *sprinkler* indépendant du réseau d'eau public. Dans tous les cas, des systèmes de détection automatique doivent être mis en place rapidement : la mission recommande ainsi la mise en place de systèmes de détection automatique avant le premier janvier 2024 dans les parkings privés existants. Et souligne qu'un tel système doit prévenir une personne chargée de vérifier s'il y a ou non un départ de feu : cette personne peut résider dans le bâtiment ou faire partie d'une société privée chargée d'acquiescer l'alarme dans un délai donné. La mission attire l'attention sur le fait que ces dispositions ne permettront pas aux sapeurs-pompiers de maîtriser l'incendie dans tous les cas ;
- les points de recharge électrique normaux peuvent être déployés dans l'ensemble des parcs de stationnement couverts. La mission recommande à titre de précaution de limiter le déploiement des points de recharge rapide au niveau de référence ainsi qu'aux deux niveaux situés au – dessus et en – dessous de celui-ci pour les parcs couverts ERP, BUP et IGH et de limiter leur installation dans les parkings privés au niveau de référence et à l'intérieur de compartiments limités à quelques véhicules (de l'ordre de cinq à six) et bénéficiant d'un dispositif d'extinction automatique ;
- les engins mobiles (vélos, trottinettes, *hoverboards*, ...) ne bénéficient pas aujourd'hui des protections contre l'incendie présentes sur les batteries des véhicules électriques : en ce sens,

⁹⁵ <https://www.actu-juridique.fr/civil/la-reglementation-incendie-applicable-aux-parcs-de-stationnement-couverts-annexes-des-batiments-dhabitation-est-precisee/>

⁹⁶ Arrêté du 7 décembre 2020 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042731478>

la mission recommande que leur recharge, si elle doit intervenir dans des parcs de stationnement couverts, soit effectuée dans des locaux spécifiques à risque importants bénéficiant d'une protection incendie adéquate en référence aux articles CO 27 à 29 du règlement de sécurité des ERP.

Les principes animant la mission peuvent dès lors être résumés dans le tableau suivant :

Constats et Principes de conception	Installations requises	Type de parking
Les usagers du parc de stationnement ne connaissant pas <i>a priori</i> la localisation des issues : la propagation du feu doit être ralentie dès les premières minutes pour permettre à tous les usagers, y compris aux personnes à mobilité réduite de gagner la sortie	Dispositifs d'alarme et d'extinction automatique obligatoire dans les parkings neufs et, de manière rétroactive pour les parkings anciens dans des délais à déterminer	ERP, parcs de stationnement pour des usages professionnels accessibles à des clients extérieurs, parcs de stationnement résidentiels de plus de 100 m ² dont plus de 10 places sont ouvertes au public
L'incendie doit pouvoir être maîtrisé pour éviter la ruine du bâtiment : le ralentissement de la propagation du feu est nécessaire pour que les sapeurs-pompiers puissent le contrôler	Dispositifs d'alarme et d'extinction automatique obligatoire dans les parkings neufs et, de manière rétroactive, dans des délais à déterminer, pour les parkings anciens	Parcs de stationnement situés dans des immeubles de grande hauteur, sous des hôtels, des centres commerciaux, des ERP, et des espaces pouvant accueillir plus d'une centaine de clients ou d'employés
<i>Futurs bâtiments</i> L'incendie peut ne pas être maîtrisé : la durée entre le déclenchement de l'incendie et l'arrivée des sapeurs-pompiers de même que la vitesse de propagation sont déterminantes pour pouvoir espérer le contrôler	Mise en place obligatoire : a) d'un dispositif d'alarme incendie conduisant à l'appel des secours après vérification de l'alarme b) et d'un dispositif d'extinction alimenté par une colonne horizontale sèche associée à un compartimentage (correspondant au débit de la colonne sèche)	Parcs de stationnement privés neufs
<i>Bâtiments existants</i> L'incendie peut ne pas être maîtrisé : la durée entre le	Mise en place obligatoire d'un dispositif d'alarme incendie conduisant à l'appel des secours après vérification de	Parcs de stationnement privés déjà construits : mise en place d'un dispositif d'alarme incendie avant le premier janvier 2024

Constats et Principes de conception	Installations requises	Type de parking
déclenchement de l'incendie et l'arrivée des sapeurs-pompiers de même que la vitesse de propagation sont déterminantes pour pouvoir espérer le contrôler	l'alarme. La mission conseille de plus avec en complément ; a) soit la mise en place d'un dispositif d'extinction alimenté par une colonne horizontale sèche associée à un compartimentage (correspondant au débit ⁹⁷ de la colonne sèche) ; b) soit la mise en place d'un compartimentage renforcé.	dans les parkings privés existants
Point de recharge normal pour véhicule électrique		Tous parcs de stationnement, tous niveaux
Point de recharge rapide	Caméras thermiques si charge supérieure à 50 kW	Parcs de stationnement couverts ERP, BUP ou IGH niveaux référence et +1/- 1.
Point de recharge rapide dans les parcs de stationnement privés	Dispositif d'extinction automatique sur les places pouvant bénéficier de recharge + compartimentage tous les six véhicules	Niveau de référence des parcs de stationnement privés
Engins mobiles électriques (vélos, trottinettes, hoverboards, ...)	Recharge uniquement dans des locaux spécifiques à risques moyens ou importants	Tous parcs de stationnement

Tableau 3 : principes proposés par la mission pour la protection contre l'incendie dans les différents types de parcs de stationnement

2.3.1 Redéfinir le risque incendie dans les parcs de stationnement

La principale conviction qui animait la réflexion sur la sécurité incendie dans les parkings dans les années 1970 à 2000 était que le feu allait être limité à quelques véhicules :

- de fait, l'analyse des incendies observés en parking dans les années 1980-2000 montrait en effet que le nombre maximum de véhicules impliqués était de trois pour un parking en superstructure et de sept pour un parking en infrastructure⁹⁸ ;
- dans ses analyses, approuvées par l'Ineris, le Centre Technique Industriel de la Construction métallique, le CTICM, écrivait que : "*Les incendies dans les parcs à voitures publics présentent certaines particularités qui ne se rencontrent pas habituellement dans les autres incendies de bâtiments. En particulier, la charge combustible est parfaitement identifiable et localisable. Par conséquent, il n'est pas possible d'avoir un embrasement généralisé, même si la production de*

⁹⁷ Le débit disponible dans le réseau d'eau va conditionner la surface utile d'extinction et donc le dimensionnement du compartimentage.

⁹⁸ *Parcs de stationnement en superstructure largement ventilés Avis d'expert sur les scénarios d'incendie Rapport final, INERIS 2001*

*fumées opaques peut rendre difficile l'intervention des services de secours dans les parcs enterrés et non suffisamment ventilés*⁹⁹;

- la propagation du feu par rayonnement était le mode privilégié : « *l'incendie libre d'un véhicule est de l'ordre d'une heure, le délai de propagation de l'ordre de 10 minutes (cf. essais). Donc, dans un parc où toutes les places de stationnement seraient occupées, le démarrage d'un feu sur l'un des véhicules peut se propager théoriquement de part en part, mais lorsque le 5^{ème} ou 6^{ème} véhicule s'enflamme, le premier est éteint faute de combustible* »¹⁰⁰.

Dans ces conditions, l'INERIS en concluait que « tous ces éléments laissent à penser (ce que confirme le retour d'expérience) qu'un incendie en parc de stationnement ne peut affecter l'ensemble des véhicules simultanément, ce qui peut justifier la non-utilisation de l'incendie de référence ISO 834 pour le traitement de la sécurité incendie ». On retrouve cette même perspective dans l'article 6 de la circulaire de 75 sur les parkings couverts qui introduisait une protection - que l'on peut qualifier de raisonnable pour ces incendies - à la résistance de structures porteuses supérieure à une heure, voire une heure et demie¹⁰¹.

En 2001, lorsque le CTICM l'interroge sur les scénarios à retenir pour le dimensionnement des parcs de stationnement métalliques en infrastructure largement ventilés, l'INERIS envisage donc trois scénarios :

- un premier scénario prend en compte un seul véhicule situé à mi-portée d'une poutre principale ;
- **le deuxième** met en œuvre sept véhicules de classe 3 (présentant une charge calorifique de 9,5 GJ et un débit calorifique maximal d'environ 8 MW) et **retient une propagation à un véhicule voisin toutes les douze minutes depuis le véhicule à l'origine du feu** qui occupe la position centrale ;
- dans le scénario 3, **quatre véhicules de classe 3 sont impliqués et la propagation intervient aux deuxième et troisième véhicules en douze minutes et au quatrième en vingt-quatre minutes.**

⁹⁹ *Ibidem*

¹⁰⁰ *Ibidem*

¹⁰¹ « Les éléments porteurs ou autoporteurs du parc doivent être [...] : Stables au feu de degré une heure et demie pour les parcs de plus de deux niveaux mais ne dépassant pas 28 mètres au-dessus ou au-dessous du niveau de référence; les planchers séparatifs seront coupe-feu de degré une heure et demie. Toutefois, les dalles de ces planchers constituant des éléments secondaires de la structure pourront être coupe-feu de degré une heure seulement » Circulaire du 03/03/75 relative aux parcs de stationnement couverts <https://aida.ineris.fr/reglementation/circulaire-030375-relative-parcs-stationnement-couverts>

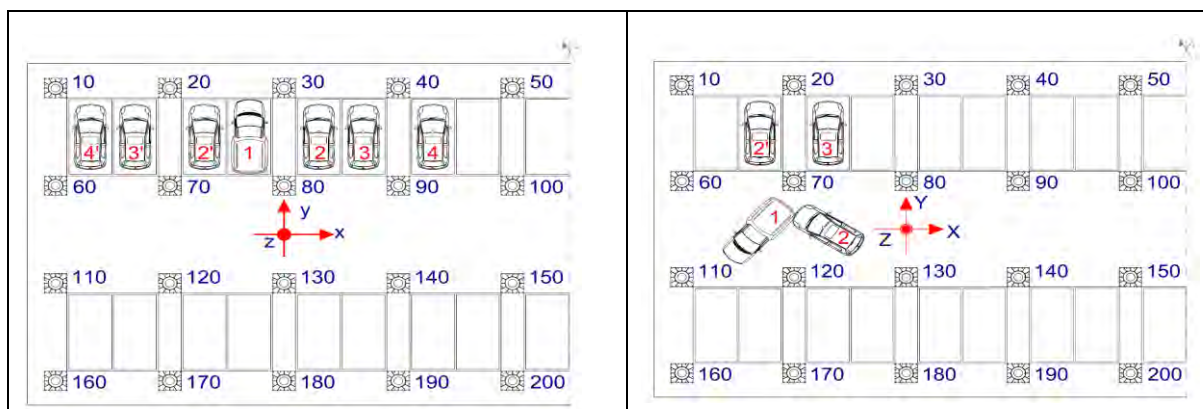


Figure 8 : Scénario d'incendies proposés par l'INERIS¹⁰²

L'INERIS proposait que, dans le cadre d'une étude des dangers du dossier de demande d'autorisation d'exploiter un parc de stationnement soumis à autorisation (plus de 1 000 places), soient étudiés ces trois scénarios avec comme premier véhicule à l'origine du feu une fourgonnette contenant des produits inflammables (présentant un débit calorifique maximal de 18 MW) en lieu et place d'un véhicule de classe 3. L'étude de danger devait alors avoir pour but de montrer que l'éventuelle ruine locale d'éléments de la structure porteuse des parcs de stationnement n'entraîne pas un risque d'effondrement en chaîne du bâtiment.

Des règles de dimensionnement similaires s'appliquent à des parkings avec une structure en bois.

Les incendies survenus dans le parking de la place Vendôme à Paris le 8 mars 2012, dans le parking ouvert de Liverpool (31 décembre 2017, 1 150 véhicules détruits, propagation du feu à un véhicule voisin toutes les trente secondes au pic du feu), dans le parking souterrain des Salinières (18 mai 2019, 370 véhicules détruits), dans le parking ouvert de l'aéroport de Stavanger à Sola (Norvège, 8 janvier 2020, 200 à 300 véhicules détruits) montrent à l'évidence que des incendies plus sévères peuvent intervenir, - ce qui amène à se réinterroger sur les règles de dimensionnement à prendre en compte à la fois pour les parkings en superstructures et en infrastructures.

L'évolution principale des véhicules ne réside pas tant dans l'énergie calorifique qu'ils peuvent dégager en cas d'incendie ni dans le débit calorifique maximal qui restent sensiblement les mêmes que par le passé (pour les véhicules thermiques comme pour les véhicules électriques), mais dans la vitesse de propagation d'un véhicule à l'autre avec notamment, dans les parkings couverts, la constitution d'une couche d'air chaud (chauffage par convection) et d'un panneau radiant (chauffage par rayonnement direct) qui peut conduire à l'inflammation des matériaux en plastique présents sur les véhicules¹⁰³.

¹⁰² *Fire Safety Engineering for open and closed car parks: C.A.S.E. Project for L'Aquila*, Emidio NIGRO, Giuseppe CEFARELLI, Anna FERRARO, Gaetano MANFREDI and Edoardo COSENZA ; Department of Structural Engineering (D.I.ST.), University of Naples "Federico II", July 2011, <https://ur.booksc.eu/book/35147209/b58a45>

¹⁰³ Pour la plupart des matériaux inflammables, l'incendie est initié dès lors que le flux de chaleur dépasse 25kW/m². Or, une température de 500 à 600 °C est typiquement associée à un flux de chaleur de 20 à 25 kW/m² entraînant le déclenchement du feu sur la plupart des matériaux inflammables. Voir pour le premier point : *Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire Products* Khan, M.,M., Tewarson, A., and Chaos, M. SFPE handbook of fire protection engineering, 5th ed., Society of Fire Protection Engineering, Bethesda, MD, 2016

<https://www.springerprofessional.de/en/combustion-characteristics-of-materials-and-generation-of-fire-p/1923062> et pour le second *Enclosure fire dynamics*, Karlson, B., Quintiere, J., G., CRC Press, 2000,

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420050219/enclosure-fire-dynamics-bjorn-karlsson-james-quintiere>

La deuxième caractéristique plus difficile à paramétrer réside dans l'impossibilité pour les services d'incendie et de secours de maîtriser le feu lorsqu'il a dépassé un certain seuil¹⁰⁴.

Dès lors les calculs effectués doivent avoir un triple but :

- montrer que l'éventuelle ruine locale d'éléments de la structure porteuse des parcs de stationnement n'entraîne pas un risque d'effondrement en chaîne du bâtiment ;
- montrer que les dispositifs de protection ne conduisent pas à l'apparition d'un feu hors de contrôle ;
- estimer le devenir de la structure en cas d'embrasement généralisé.

Recommandation 7. DIMENSIONNEMENT DE LA PROTECTION INCENDIE Redéfinir les scénarios de référence des incendies dans les parcs de stationnement (ouverts ou couverts) et les calculs de résistance au feu en prenant un nombre plus important de véhicules (modélisés conformément à leurs caractéristiques actuelles) et une vitesse de propagation plus rapide qui pourrait croître avec la puissance du feu.

Recommandation 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)

Elle recommande également d'effectuer des essais permettant de mieux calibrer la vitesse de transmission d'un véhicule à l'autre et l'efficacité des dispositifs d'extinction éventuellement présents. De tels essais pourraient être réalisés, en lien avec la DHUP et la DGSCGC, par le CTICM, l'INERIS et le CSTB. Leurs résultats pourraient être comparés à ceux réalisés dans d'autres pays, notamment aux essais américains qui feront suite au rapport de la NFPA d'analyse des incendies de Liverpool et de Stavenger¹⁰⁵, et qui devraient être menés notamment par *The Fire Protection Research Foundation* and

¹⁰⁴ Il s'agit d'un ratio entre l'énergie de l'incendie et l'absorption de cette énergie par les produits d'extinction (essentiellement l'eau projeté par les lances d'incendies). Si le ratio des moyens d'extinction est supérieur à celui de l'énergie de l'incendie, il est possible d'éteindre l'incendie. À titre d'exemple, dans les dépôts d'hydrocarbures (feu de bac ou de toit ainsi qu'en feu de cuvette), le top de l'attaque (appelé top mousse) de l'incendie est donné lorsque les moyens hydrauliques sont installés en nombre suffisants et avec une alimentation en eau (ou mousse) permettant une durée d'extinction supérieure à celle calculée dans le plan d'intervention (dans la pratique, on se donne une deuxième possibilité d'attaque de l'incendie).

¹⁰⁵ Dans le dernier paragraphe de son rapport sur les risques d'incendie des véhicules actuels en parkings couverts, la NFPA souligne que « *La propagation du feu entre les voitures dans un garage, en particulier du premier au deuxième et troisième véhicule, s'avère essentielle pour déterminer l'étendue de l'incendie et la capacité des services d'incendie à maîtriser l'incendie et à pouvoir l'éteindre... Des tests à grande échelle avec une large gamme de configurations doivent être effectués pour évaluer la dynamique de propagation et les paramètres critiques. Ces données peuvent être utilisées comme base pour évaluer des scénarios supplémentaires nécessaires à une modélisation informatique* ». <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFPModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

the SFPE Foundation¹⁰⁶.

Ces essais pourraient être étendus aux véhicules hydrogène, à gaz, ou au GPL si ceux-ci se développent significativement.

2.3.2 Retrouver de la lisibilité dans une réglementation aujourd'hui éclatée, difficilement compréhensible et appliquée différemment

Comme nous l'avons vu dans l'introduction, la réglementation actuelle est hétérogène. Elle diffère en effet suivant le type de parking considéré et la date à laquelle il a été autorisé : de plus, l'article R.143-13 (anciennement article R.123-13) du Code de la construction et de l'habitation¹⁰⁷ précise que, dans le cas des parcs de stationnement ERP : « *certain établissements peuvent, en raison de leur conception ou de leur disposition particulière, donner lieu à des prescriptions exceptionnelles soit en aggravation, soit en atténuation ; dans ce dernier cas, des mesures spéciales destinées à compenser les atténuations aux règles de sécurité auxquelles il aura été dérogé peuvent être imposées* ». Ces prescriptions et ces mesures sont décidées, soit par l'autorité chargée de la délivrance du permis de construire lorsque la décision est prise au moment de cette délivrance, soit par l'autorité de police dans les autres cas. Dans le cas des parcs de stationnement ERP, elles sont prises après avis de la Commission locale de sécurité. Par voie de conséquence, seuls sont concernés, sous la compétence des commissions de sécurité, les ERP (objet de l'article L.143-13 du CCH) ce qui ne permet pas de donner un panorama complet des risques des parcs de stationnement.

Dans le principe, l'architecture d'une telle réglementation qui laisse une certaine souplesse d'adaptation au niveau local est parfaitement adaptée. Il existait de plus, jusqu'en 2014, une Commission centrale de sécurité (à l'échelle nationale) qui rendait des avis sur les points délicats et/ou d'incertitude de la réglementation ainsi que sur les projets répétitifs, permettant aux commissions de sécurité de disposer d'un référentiel déjà analysé et tranché.

Dans la pratique, ce système doit être revu :

- dans le cas des parcs de stationnement couverts ouverts au public (ERP), la souplesse d'interprétation laissée au niveau local aux commissions de sécurité leur donne une marge très importante qui conduit à des mesures très différentes d'un département à un autre, perçues comme non homogènes et variables dans le temps ou d'un département à l'autre. Cette situation induit une difficulté importante auprès des maîtres d'ouvrages notamment dans leurs projets d'installation de bornes de recharges dans des parkings neufs à construire ou dans des aménagements de parkings existants puisqu'ils ne peuvent pas prévoir les mesures qui vont leur être imposées le jour du passage devant la commission de sécurité. Comme évoqué plus avant, les commissions de sécurité adoptent, à partir des réglementations incendies, des solutions en aggravation/atténuation qui sont perçues comme autant d'approches hétérogènes. À titre d'exemple, le SDIS 33 (qui a été confronté au feu de parking des Salinières) et la BSPP (utilisant notamment le guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public) s'appuient sur leur expérience

¹⁰⁶ « *The Fire Protection Research Foundation and the SFPE Foundation are collaborating on a new research program, which is twofold. To support the needs of the regulatory community, part 1 will coordinate and establish data collection of full-scale modern vehicle burns to quantify the fire-spread characteristics and clarify critical sprinkler design requirements. And similarly, to support the needs of design engineers and property managers, part 2 will develop a fire-risk assessment tool that can inform the use of appropriate fire-protection measures* ». Victoria Hutchison, Research project manager at the Fire Protection Research Foundation 11/06/2021, <https://ifpmag.mdmpublishing.com/revisiting-parking-garage-safety/>

¹⁰⁷ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043818963

opérationnelle et sur leur analyse des risques et de leurs conséquences pour fournir leurs préconisations aux commissions de sécurité. Cette approche est parfois perçue comme maximaliste par les exploitants de parking. Incertitude supplémentaire : il arrive également que les assurances émettent des préconisations supplémentaires que les maître d'ouvrage ne découvrent parfois que tardivement. De plus, il peut exister une dissymétrie d'informations entre un exploitant de parking national qui bénéficiera d'un retour d'expérience sur plusieurs parcs de stationnement installés dans des villes différentes et un exploitant isolé, bien que les informations puissent également être obtenues auprès des syndicats de ces professions représentées au niveau national. Les recyclages des préventionnistes des SDIS, organisés à l'échelle nationale suivant une périodicité de cinq années permettent cependant de réduire, dans une certaine mesure, les écarts d'interprétation des commissions de sécurité et de restituer une certaine homogénéité aux interprétations des règlements.

La mission souscrit à l'idée de réduire le faisceau d'interprétations de la réglementation des parcs de stationnement par l'ensemble des actions de formation/recyclages et d'information ainsi que par le renforcement d'outils en ligne d'information qui pourraient être ouverts et partagés par l'ensemble des parties prenantes (services publics, exploitants, donneurs d'ordre...);

- l'essentiel de la réglementation pour les parcs de stationnement ERP figure dans l'arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980. Elle est accompagnée d'un guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public dont le statut n'est pas suffisamment clarifié : son objectif consiste en effet simplement à accompagner la réglementation en vigueur et à favoriser l'harmonisation des pratiques. Ainsi, les textes réglementaires ne donnent aucune indication sur le déploiement des bornes de recharge rapide dans les parkings : seul le guide PS précise que : « *L'installation de points de charge rapide n'est autorisée que dans l'une des conditions suivantes :*
 - *emplacements non couverts ;*
 - *toiture terrasse et niveau de référence des PSLV ;*
 - *niveau de référence, niveau au-dessous et niveau au-dessus des parcs de stationnements couverts équipés d'une installation d'extinction automatique à eau du type sprinkler, ou brouillard d'eau sous réserve de l'avis favorable de la commission de sécurité »¹⁰⁸.*

Les applications locales varient naturellement entre les différents services ce qui est là encore gênant pour les maîtres d'ouvrage et peu satisfaisant lorsqu'il s'agit d'un même objet technique.

Recommandation 9. RENFORCEMENT DE LA PROTECTION INCENDIE DES PARCS DE STATIONNEMENT Adopter une doctrine nationale globale clairement définie pour la protection incendie de l'ensemble des parcs de stationnement et un règlement de sécurité unique comprenant des dispositions générales et des dispositions particulières suivants les types de parcs de stationnement (IGH, ERP, ERP largement ventilés, BUP, Habitation), clarifier le statut des dispositions du guide PS (en les intégrant dans la réglementation) et recréer une commission nationale de sécurité chargée de préciser l'interprétation de la réglementation.

¹⁰⁸ Voir page 19, *Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public*, Version 2 de janvier 2018, DGSCGC, <https://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile/Documentation-technique/Les-sapeurs-pompiers/La-reglementation-incendie/Securite-incendie-dans-les-parcs-de-stationnement-couverts-ouverts-au-public>

Principes de renforcement de la protection incendies des parcs de stationnement

(NB : le détail des mesures figure dans le rapport lui-même)

Parkings ERP, IGH, BUP, ou sous construction autre (centre commercial, hôtel) neufs ou existants	Dispositifs d'alarme et d'extinction automatique obligatoire pour les parcs neufs et, avant 2030, pour les existants
Parkings résidentiels neufs	Dispositif d'alarme incendie + extinction alimentée par une colonne horizontale sèche associée à un compartimentage
Parkings résidentiels existants	Obligatoire : Mise en place d'un dispositif d'alarme incendie conduisant à l'appel des secours après vérification de l'alarme. Conseil : colonne horizontale sèche et/ou compartimentage

- les protections contre l'incendie de certains parcs de stationnement sont très anciennes et n'ont pas été actualisées pour tenir compte de l'évolution des véhicules actuels. Ceci se traduit notamment par le fait que la législation française n'impose même pas la simple mise en place d'un système d'alarme dans un parc de stationnement, en habitat individuel ou habitat collectif. Plus généralement, seules les réglementations ICPE et ERP (arrêté de 2006) ont été mises à jour récemment : cette dernière prend désormais en compte explicitement l'installation de bornes de recharge dans les parkings (par l'arrêté du 19 décembre 2017¹⁰⁹), mais ne traite pas de l'installation des bornes de recharge rapides : il faut se reporter au guide PS à cet effet ;
- enfin, les avis de l'administration ne sont pas toujours respectés, en particulier s'il s'agit de conseil non adossé à une règle imposable : une même installation à Colomiers a connu deux feux en 2019 et en 2021 dans un atelier de maintenance de vélos et de scooters électriques comprenant une station de recharge des batteries aux dimensions proches d'un conteneur maritime (15 m² environ) pouvant assurer la recharge de 144 batteries simultanément, manipulées sur des chariots pour une puissance électrique de 120 kW. Suite à un premier incendie de 2019, la société avait réorganisé sa cellule de 1 200 m² sans pour autant avoir suivi les prescriptions des sapeurs-pompiers et les recommandations des assureurs¹¹⁰.

Il convient de plus de préciser clairement les textes applicables aux différentes catégories de parcs de stationnement et de les tenir à jour au niveau national. À titre d'exemple d'une complexité à éviter, la mission souligne que l'installation d'infrastructures de charge pour les véhicules électriques ou véhicules hybrides rechargeables a ainsi donné lieu en 2012 à l'établissement par l'administration d'un cahier des charges définissant la protection incendie à mettre en œuvre dans les parcs de stationnement couverts recevant du public¹¹¹. Dans son avis de février 2012, la commission centrale de sécurité a émis un avis favorable à l'application de ce cahier des charges aux parcs de stationnement d'immeubles de grande hauteur¹¹². Le lecteur trouvera donc en ligne¹¹³ la traduction de ces règles par le SDIS de l'Essonne sous forme d'instruction technique proposable aux autorités de police compétentes par toutes les commissions de sécurité exerçant sur le territoire de l'Essonne. Le guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public,

¹⁰⁹ Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061>

¹¹⁰ *Violent feu d'une flotte de vélos et de scooters électriques* Face au Risque – mars 2022 Dans la nuit du 13 au 14 décembre 2021, un incendie se déclare dans un entrepôt dont une partie est occupée par l'entreprise Indigo Weel, située à Colomiers dans la banlieue toulousaine.

¹¹¹ Texte à partir de la page 15 : <http://www.preventionniste.com//medias/articles/3-02-02-2012.pdf>

¹¹² Ibidem

¹¹³ <http://www.sdis-91.fr/importfiles/prevention/erp/ccrve-erp-ps-aaaa-n.pdf>

publié en 2016 et mis à jour en janvier 2018, dit guide PS, reprend les préconisations du cahier des charges et précise donc qu'elles sont également applicables aux parcs de stationnement couverts intégrés aux immeubles de grande hauteur. Cependant, l'arrêté du 30 décembre 2011 relatif à la protection incendie des parcs de stationnement intégrés aux immeubles de grande hauteur n'a pas été modifié sur ce point. La mission souligne que de telles pratiques réglementaires ne sont pas souhaitables et que la démarche de simplification qui a abouti à la rédaction du guide PS ne doit pas aboutir à la mise en place de réglementations départementales. Une doctrine nationale claire est nécessaire et les dispositions du guide PS doivent être intégrées dans la réglementation (soit en donnant une valeur réglementaire à ce guide, soit en reprenant les dispositions dans les textes réglementaires).

Cette doctrine devrait de plus permettre de préciser certaines notions :

- **le niveau de référence**¹¹⁴ d'un parc de stationnement a ainsi fait l'objet de très nombreuses questions auprès de la mission : sa définition, présente dans l'article PS 3 de l'arrêté PS¹¹⁵, devrait être revue. De plus, la mission estime qu'un exploitant de parc ERP pourrait proposer une modification de ce niveau de référence à la commission locale de sécurité suite à un changement d'exploitant, à des travaux, ou lorsque celui-ci n'a pas été défini : cette modification devrait être explicitement validée par l'administration ;
- **les fonctions associées à un service de sécurité déporté** pourraient être explicitées dans l'article PS 25 de l'arrêté PS : la possibilité pour un exploitant de parc de stationnement de déporter un certain nombre de fonctions de sécurité dans un centre de surveillance à distance doit en effet s'accompagner de la définition d'un certain nombre de prescriptions à respecter, clairement établies ;
- pour les mêmes raisons, **la définition d'un poste de sécurité déporté** pourrait être précisée dans l'article PS 26 en mentionnant notamment que ce centre doit être présent sur le territoire (afin de conserver une bonne fiabilité des moyens de communication) et que ses agents doivent être capables de renseigner les usagers au moins en français et en anglais pour les questions de sécurité ;
- l'article PS 32 de l'arrêté PS pourrait lister (ou renvoyer sur un texte le faisant) **les qualifications attendues du « professionnel qualifié »** mentionné.

Le ministère de l'intérieur pourrait enfin être chargé de tenir à jour sur un site web l'ensemble des textes, actuels ou passés, qui ont conduit à autoriser les différents parcs de stationnement.

¹¹⁴ Le niveau de référence s'entend comme le niveau d'accès des services de secours (article PS3). Le règlement de sécurité du 25 juin 1980 précise la notion d'accès des services de secours : celui-ci doit pouvoir s'effectuer à partir de voie engins (quand le plancher bas du dernier niveau accessible au public est à moins de 8 mètres au-dessus du sol – article CO2-1) et à partir d'une voie échelle (quand le plancher bas du dernier niveau accessible au public >8 mètres - article CO2-2). L'acception du niveau d'accès peut s'entendre également comme celui des usagers sous réserve que les services de secours y accèdent également. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

¹¹⁵ Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

Autre point à préciser, si, conformément à la nomenclature des installations classées¹¹⁶, le seuil de 600 kW à partir duquel une installation devient ICPE ne s'applique pas aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public, donc aux parcs de stationnement ERP, cette même définition laisse supposer qu'un parc de stationnement privé ou à usage professionnel rentre dans la catégorie des ICPE dès lors que la puissance de recharge installée dépasse les 600 kW ; **ce point mérite d'être clarifié.**

2.3.3 Mettre en place dans tous les parcs de stationnement recevant du public, qu'ils soient neufs ou existants, un système d'extinction automatique y compris dans les parkings largement ventilés

L'ampleur des incendies constatés ces dernières années, l'impossibilité de les maîtriser et la ruine des bâtiments qu'ils provoquent conduisent à se réinterroger sur la possibilité de déployer des dispositifs d'extinction automatique dans les parcs de stationnement ouverts au public. Si leur utilisation ne permet en aucun cas d'arrêter l'incendie, elle devrait retarder la propagation du feu ce qui permet aux usagers du parking, y compris aux personnes à mobilité réduite, d'avoir plus de temps pour évacuer le parking et aux sapeurs-pompiers d'attaquer le feu à un stade plus précoce de son développement, ce qui offre plus de chances de le maîtriser.

La réglementation des parcs de stationnement ouverts au public a été notablement renforcée en 2017 : face aux difficultés croissantes rencontrées par les sapeurs-pompiers lors des interventions dans les parcs de stationnement couverts et pour mieux prendre en compte les risques que comportent ces opérations, la DGSCGC a piloté en 2016 une « mission PS », composée de 130 acteurs. La réflexion conduite pendant un an a permis de prendre en compte les évolutions de ces parcs, ouverts à de nouvelles activités. Elle a débouché sur un nouveau texte réglementaire, l'arrêté du 19 décembre 2017¹¹⁷ et sur un guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public, publié en 2016 et mis à jour en janvier 2018¹¹⁸ : «Le présent guide a principalement vocation à accompagner le « droit dur » et favoriser l'harmonisation des pratiques. Il s'inscrit dans la démarche de simplification portée par le gouvernement, aussi bien normative, en permettant d'alléger

¹¹⁶ La rubrique 2925 de la nomenclature ICPE concerne, conformément au décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 la modifiant (<https://aida.ineris.fr/reglementation/decret-ndeg-2019-1096-281019-modifiant-nomenclature-installations-classees>), des installations de charge de batteries au plomb (« Lorsque la charge produit de l'hydrogène, la puissance maximale de courant continu utilisable pour cette opération (1) étant supérieure à 50 kW ») ainsi que des installations pour véhicules électriques (« Lorsque la charge ne produit pas d'hydrogène, la puissance maximale de courant utilisable pour cette opération (1) étant supérieure à 600 kW ») mais dans ce dernier cas, elle écarte « les infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public définies par le décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/ UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs »(<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033860620/>). Il est à noter que selon le décret du n° 2021-546 du 4 mai 2021, modifiant le précédent, (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043475363>) « Les points de recharge installés dans un bâtiment d'habitation privé ou dans une dépendance d'un bâtiment d'habitation privé et exclusivement réservés aux résidents, les points de recharge affectés exclusivement à la recharge des véhicules en service au sein d'une même entité et installés dans une enceinte dépendant de cette entité, les points de recharge installés dans un atelier de maintenance ou de réparation non accessible au public ne sont pas considérés comme des points de recharge ouverts au public ».

¹¹⁷ Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061>

¹¹⁸ Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public, Version 2 (janvier 2018), DGSCGC, <https://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile/Documentation-technique/Les-sapeurs-pompiers/La-reglementation-incendie/Securite-incendie-dans-les-parcs-de-stationnement-couverts-ouverts-au-public>

les dispositions du règlement de sécurité incendie, qu'administrative, par l'accompagnement des acteurs en vue de faciliter la compréhension et donc l'application des obligations qui leur incombent ».

Aujourd'hui, la réglementation ¹¹⁹ prévoit, depuis décembre 2017, l'installation d'un système d'extinction automatique du type *sprinkler* à tous les niveaux dans les parcs de stationnement couverts neufs disposant de plus de deux niveaux et une augmentation de la stabilité au feu des structures des parcs non équipés d'un système d'extinction automatique à eau, en réponse à une forte demande des services d'incendie et de secours. Cette installation n'est cependant pas obligatoire dans les parkings largement ventilés : la doctrine largement admise avant les incendies de Liverpool et de l'aéroport de Stavanger à Sola consistait en effet à dire que les conditions n'étaient pas réunies pour que le feu se propage dans de tel parcs.

De plus, la situation est hétérogène entre les différents parcs de stationnement ERP suivant leur date de mise en service. Le tableau suivant, extrait du guide PS, montre ainsi qu'au moins neuf réglementations se sont succédé au cours du temps.

Date de construction	Réglementation applicable pour les parcs de stationnement ERP	Documents complémentaires
Avant 1975	Décret n°53-578 du 20 mai 1953/arrêté type 206	
1975 - 1985	Circulaire interministérielle du 3 mars 1975 portant instruction technique relative aux parcs de stationnement	
1985 - 1987	Arrêté type 331-bis/ version du 13 mai 1985	
1987 - 1993	Arrêté type 331-bis version du 31 janvier 1986 applicable au 5 mars 1987	
1993 - 2006	Création de la rubrique 2935/ Modification des seuils	
2006 - 2009	Arrêté du 25 juin 1980 modifié par l'arrêté du 9 mai 2006	
2009 - 2017	Arrêté du 25 juin 1980 modifié par l'arrêté du 24 septembre 2009	Cahier des charges pour les IRVE (validé par la CCS en février 2012)//GuidePS version juin 2016
À compter du 1er janvier 2018	Arrêté du 25 juin 1980 modifié par l'arrêté du 19 décembre 2017	Guide pratique PS version 2 de janvier 2018

Tableau 4 : Texte applicable à un parking ERP couvert en fonction de sa date de création. Source : guide PS

¹¹⁹ Article PS29 de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié par l'arrêté du 19 décembre 2017. Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). voir :

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061> et

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

La mission recommande que l'ensemble des parcs de stationnement ouverts au public, quel que soit leur nombre d'étages, y compris les parcs largement ventilés, soient équipés de dispositifs d'extinction automatique au plus tard avant le 31 décembre 2030. Elle recommande de plus que cette mesure soit appliquée à l'ensemble des parcs de stationnement ouverts au public lors de leur mise en service, lors du renouvellement de la concession ou de la délégation de service public correspondante ou lors de travaux importants. Elle recommande enfin que la DGSCGC clarifie les obligations réglementaires qui s'appliquent aujourd'hui à chaque parc de stationnement ERP en fonction de sa date de mise en service.

Ordre de grandeur des coûts d'un système d'extinction automatique

Selon les chiffres recueillis par la mission, pour un parc existant de stationnement, la mise en œuvre d'un réseau de *sprinklage* représente une dépense évaluée entre 800 € HT/place y compris rampes et local *sprinkler* et 1200 € HT/place en investissement à laquelle il convient d'ajouter environ 4 % de l'investissement en charges d'exploitation pour l'entretien préventif réglementaire et correctif.

Cette valeur peut être rapprochée du prix d'achat d'une place de parking de 20 à 50 k€ à Paris, et à partir de 12 k€ en province. **Elle représenterait ainsi (pour un coût du *sprinklage* de 1 000 €) de 2 à 8 % du coût de la place de parking.**

2.3.4 Renforcer la protection incendie des parcs de stationnement privés couverts

Les parcs de stationnement privés, sauf exception sur laquelle nous reviendrons plus loin, n'ont pas vocation à accueillir du public si bien que leurs usagers connaissent généralement bien la localisation des différentes issues et peuvent, même si leur mobilité est réduite, évacuer les lieux dans des délais nettement plus courts que dans le cas d'un ERP. Ce point conduit à envisager une protection incendie en atténuation par rapport à un ERP.

La protection incendie des parkings privés couverts situés dans des bâtiments d'habitation est régie par les articles 77 à 96 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié¹²⁰ relatif à la protection incendie dans les bâtiments d'habitation et distingue différentes catégories de parkings :

- pour des parcs de stationnement couverts de moins de 100 mètres carré, ceux-ci n'ajoutent aucune disposition particulière au-delà de celles qui existent dans des locaux n'accueillant pas de véhicules ;
- pour les parcs de stationnement de plus de 100 mètres carrés (avec moins de 10 places ouvertes au public), ils préconisent la mise en place d'extincteurs portatifs répartis à raison d'un appareil pour quinze véhicules, d'une caisse de cent litres de sable à chaque niveau et, pour les parcs comportant plus de quatre niveaux au-dessus du niveau de référence ou plus de trois niveaux au-dessous, de colonnes sèches de 65 millimètres de diamètre disposées dans les cages d'escalier ou dans les sas. Enfin, ils imposent, pour les parcs situés au-dessous du niveau de référence, - à partir du troisième niveau pour les parcs comprenant plus de trois niveaux et qui ne sont pas équipés, à partir du troisième niveau, d'un système de détection automatique et à partir du sixième niveau pour les parcs comprenant au moins six niveaux -, l'installation, sur toutes les zones du parc affectées au stationnement, d'un réseau d'extinction automatique à eau pulvérisée à raison d'un diffuseur pour 12 mètres carrés de plancher au moins et assurant pendant une heure un débit de trois litres et demi par minute et par mètre carré sur

¹²⁰ Arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000474032/>

une surface impliquée de 200 mètres carrés ;

- les parkings de plus de 100 m² dont plus de 10 places sont ouvertes au public sont enfin considérés comme des ERP et doivent bénéficier de la protection incendie correspondante. L'arrêté du 7 décembre 2020¹²¹, modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, précise cette distinction puisqu'elle classe les parcs de stationnement couverts annexes des bâtiments ci-dessus, disposant de plus de 10 places *utilisées pour une durée inférieure à 30 jours consécutifs par des personnes non-résidentes du bâtiment* dans le régime de sécurité incendie applicable aux parcs de stationnement ERP.

La mission considère là encore nécessaire de renforcer la protection incendie de ces différentes structures en imposant : i) dans tous les parcs de stationnement privés, la mise en place de dispositifs d'alarme incendie ; ii) dans les futurs parcs de stationnement de plus de deux étages ou dans les parcs de stationnement privés dont la ruine pourrait entraîner des conséquences notables, - c'est le cas des parkings situés sous des centres commerciaux, sous des hôtels ou sous des locaux recevant du public -, l'installation, sur toutes les zones du parc affectées au stationnement, d'un réseau d'extinction automatique à eau pulvérisée ; iii) dans les autres parcs futurs de stationnement de plus de 100 mètres carrés (avec moins de 10 places ouvertes au public), des dispositifs d'extinction automatique à eau pulvérisée alimentée par un réseau de colonnes sèches qui pourra être activé par les sapeurs-pompiers au début de leur intervention.

Ordre de grandeur des coûts d'un réseau de *sprinklage* alimenté par des colonnes sèches

Selon les chiffres recueillis par la mission, pour un parc existant de stationnement, la mise en œuvre d'un réseau de *sprinklage* alimenté par des colonnes sèches représenterait une dépense d'environ 300 €/place. L'écart de coût par rapport à un dispositif d'extinction automatique à eau provient de l'absence des matériels nécessaires à l'extinction automatique, en particulier une réserve d'eau autonome du réseau public ainsi que des pompes et des surpresseurs.

La mission a par ailleurs pris connaissance du couplage possible entre une colonne sèche et une électrovanne qui permettrait de déclencher l'aspersion à la suite de la détection confirmée d'un départ de feu, et souligne l'intérêt d'étudier des dispositifs de ce genre.

Elle rappelle que les bâtiments d'habitations d'une hauteur comprise entre 28 et 50 mètres relèvent de la réglementation générale des bâtiments à usage d'habitation et non des immeubles de grande hauteur, qui comprennent l'ensemble des autres bâtiments d'une hauteur supérieure à 28 mètres.

2.3.5 Vérifier l'existence et le bon fonctionnement d'un système d'extinction automatique pour tous les IGH

Dès l'arrêté du 18 octobre 1977¹²², la réglementation a prévu qu'en aggravation des dispositions prévues par la circulaire interministérielle de 1975, une installation fixe d'extinction automatique à eau soit mise en place dans les parcs de stationnement et les locaux dangereux contenus dans un immeuble de grande hauteur. Si l'arrêté du 30 décembre 2011 ne comportait pas de mesures

¹²¹ Arrêté du 7 décembre 2020 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042731478>

¹²² Son article GH 11 prévoit en effet, dans le cas des parcs de stationnement, « qu'en aggravation des dispositions de cette instruction, une installation fixe d'extinction automatique à eau conforme aux spécifications des normes françaises soit mise en place ». Arrêté du 18 octobre 1977 de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique.

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00000860942>

rétroactives, celui d'octobre 1997 prévoyait que ses mesures s'appliquaient aux immeubles de grande hauteur régis par le décret du 15 novembre 1967 modifié¹²³. Leurs dispositions ne semblent donc pas concerner les IGH construits avant cette date, sauf en cas de modifications ou de parties créées.

La mission n'a pu remonter plus avant dans les réglementations passées : il est clair cependant que les premiers immeubles de ce type datent de l'entre-deux guerres : l'ensemble *Gratte-ciel à Villeurbanne* a ainsi été construit en 1934.

La mission recommande de s'assurer que les parcs de stationnement des immeubles de grande hauteur construits antérieurement au décret de 1967 de même que les parcs de stationnement situés sous un immeuble de grande hauteur font bien l'objet d'une protection incendie adéquate, reposant notamment sur une surveillance 24h/24 et sur la présence d'une installation fixe d'extinction automatique à eau. Elle recommande enfin que la DGSCGC clarifie les obligations réglementaires qui s'appliquent aujourd'hui à chaque parc de stationnement en fonction de sa date de mise en service.

Pour le moment, conformément à l'article R.122-2 du code de la construction et de l'habitation¹²⁴, dans sa version en vigueur notamment du 19 septembre 2009 au 24 août 2019, les parcs de stationnement situés sous un immeuble de grande hauteur ne sont pas considérés comme faisant partie de l'immeuble lorsqu'ils sont séparés des autres locaux de l'immeuble par des parois coupe-feu de degré 4 heures ou REI 240 et qu'ils ne comportent au maximum qu'une communication intérieure directe ou indirecte avec ces locaux dans les conditions définies par le règlement de sécurité prévu à l'article R.122-4.

2.3.6 Actualiser la réglementation relative à la protection incendie des parkings situés dans des bâtiments ou parties de bâtiment à usage professionnel

Les parkings situés dans des bâtiments ou parties de bâtiment à usage professionnel (anciennement dénommés Établissements Recevant des Travailleurs) relèvent toujours de la circulaire interministérielle du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts¹²⁵.

En parallèle, comme le montre le tableau ci-dessous provenant du site de l'opérateur de recharge de véhicules électriques et hybrides Zeplug, les lois successives ont progressivement renforcé l'obligation pour les entreprises de pré-équiper les parkings en cours de construction et de déployer des bornes de recharge.

Deux types de parkings peuvent être distingués :

- ceux réservés à la flotte de l'entreprise qui seront fréquentés par des salariés qui sont réputés connaître parfaitement l'emplacement des sorties du parking ;
- ceux ouverts aux visiteurs qui sont comparables aux parkings recevant du public.

¹²³ Son article premier précise en effet que : « Art. 1er. — Les immeubles de grande hauteur régis par le décret du 15 novembre 1967 modifié sont assujettis aux prescriptions suivantes, classées sous les diverses rubriques ci-après : G. H. pour les mesures générales communes à toutes les classes d'immeubles de grande hauteur ». Le décret du 15 novembre 1967 est applicable à tous les immeubles de grande hauteur à construire, ainsi qu'aux transformations et aménagements à effectuer dans les immeubles existants et aux changements de destination de locaux dans ces immeubles.

¹²⁴ Article R122-2 du Code de la construction et de l'habitation, Version en vigueur du 19 septembre 2009 au 24 août 2019. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000021048657/2009-09-19

¹²⁵ Circulaire du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000661663/>

Dépôt du permis de construire	Caractéristiques	Pré-câblage (minimum de places pré-équipées)	Capacité de puissance à réserver au niveau du TGBT ⁽⁵⁾	Equipement en bornes de recharge (jusqu'au 31/12/2024)	Equipement en bornes de recharge à partir de 2025 ⁽⁶⁾
Après le 11 mars 2021 ⁽¹⁾	Capacité du parking > 10 places	20%	20%	Au moins une accessible aux PMR	Une par tranche de 20 emplacements, dont au moins un permettant l'accès aux PMR Sous réserve que les travaux d'adaptation en amont du TGBT ne soient pas supérieurs aux coûts en aval
	Capacité du parking > 200 places	20%		Au moins deux dont une réservée aux PMR	
Entre le 1 ^{er} janvier 2017 et le 11 mars 2021 ⁽²⁾	Capacité du parking ≤ 40 places	10%	10%	Au moins une	
	Capacité du parking > 40 places	20%	20%		
Entre le 1 ^{er} janvier 2012 et le 1 ^{er} janvier 2017 ⁽³⁾	-	10%	-	Au moins une	
Avant le 1 ^{er} janvier 2012 ⁽⁴⁾	Capacité de parking > 20 places dans aire urbaine de plus de 50 000 habitants	10%	-		
	Capacité de parking > 40 places dans aire urbaine de moins de 50 000 habitants	5%			

Figure 9 : Obligations réglementaires d'équipement pour la recharge de véhicules électriques sur les sites tertiaires en fonction de la date du dépôt du permis de construire et du nombre de places de parking, source : site de l'opérateur Zeplug¹²⁶.

La mission recommande que la réglementation incendie des parkings situés dans des bâtiments ou parties de bâtiment à usage professionnel soit réactualisée et que celle-ci impose la mise en place pour les parcs de stationnement, - neufs ainsi qu'avant 2030 pour les existants -, accueillant des visiteurs ou situés sous des locaux accueillant des travailleurs ou du public d'installations d'un système d'extinction automatique. Elle recommande pour les autres parcs de stationnement existant le déploiement d'un système d'alarme et d'extinction automatique alimenté par des colonnes sèches avant 2030.

2.3.7 Autoriser le déploiement des points de recharge normale dans les parcs de stationnement et prendre des précautions vis-à-vis des points de recharge rapide

Le guide PS¹²⁷ retrace l'historique de la réglementation relative au déploiement des bornes de recharge électrique dans les parcs de stationnement couverts : « Au sein de l'arrêté du 25 juin 1980 (modification du 9 mai 2006), la version d'origine de l'article PS 23 limitait à trois, le nombre autorisé de véhicules électriques dans un parc de stationnement couvert. L'objectif était de restreindre les engins fonctionnant

¹²⁶ <https://www.zeplug.com/blog/quelles-sont-les-obligations-des-entreprises-pour-la-recharge-des-vehicules-electriques/>

¹²⁷ Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public, Version 2 (janvier 2018), DGSCGC, <https://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile/Documentation-technique/Les-sapeurs-pompiers/La-reglementation-incendie/Securite-incendie-dans-les-parcs-de-stationnement-couverts-ouverts-au-public>

avec des batteries au plomb qui ont la particularité de dégager une certaine quantité d'hydrogène en période de charge.

À la suite du Grenelle de l'environnement, en 2009, l'article a été modifié afin de permettre l'installation d'IRVE(s) pour les véhicules électriques dédiés au transport de personnes dont le contenant des batteries est étanche.

Des retours d'expériences de feux de véhicules électriques en voirie et des essais réalisés par des laboratoires agréés en partenariat avec les constructeurs ont mis en évidence qu'il était difficile pour les acteurs du secours d'éteindre un feu de véhicule électrique lorsque les conditions sont réunies pour générer un emballement de la batterie.

C'est pourquoi, en février 2012, en raison d'un nouveau risque introduit dans les parcs de stationnement lié à la charge des véhicules électriques, en concertation avec les organisations professionnelles représentatives, un cahier des charges a été validé en Commission Centrale de Sécurité sur la base de l'article GN4 §2¹²⁸ du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique.

Depuis, les constructeurs ont procédé à un certain nombre d'aménagements pour faciliter l'intervention des secours et limiter les possibilités d'emballement en cas d'incendie. Aujourd'hui, nous disposons d'une meilleure connaissance de ces technologies. **Le nombre de feux de véhicules électriques est relativement restreint et principalement dû à des incivilités.** Par conséquent, les dispositions du cahier des charges ont fait l'objet d'atténuations ».

a) Points de recharge normale

Aujourd'hui, le guide PS précise qu'en l'absence d'une installation d'extinction automatique à eau de type *sprinkler*, ou brouillard d'eau, des bornes de recharge peuvent être installées au niveau de référence ou aux niveaux situés au-dessus et en-dessous du niveau de référence (hors parc ne respectant pas les exigences de l'article PS 5. Par contre, si une telle installation existe, la puissance maximum cumulée et le nombre de points de charge ne sont pas limités (le seuil de 600 kW à partir duquel une installation devient ICPE ne s'applique pas aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public), mais doivent recevoir l'avis favorable de la Commission de sécurité : des bornes de recharge peuvent donc être installées à tous les niveaux du parking.

Comme la réglementation ERP prévoit, depuis décembre 2017 ¹²⁹, l'installation d'un système d'extinction automatique du type sprinkler à tous les niveaux dans les parcs de stationnement couverts neufs disposant de plus de deux niveaux, des points de recharge normale peuvent donc être installées

¹²⁸ Article GN 4- Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). « Procédure d'adaptation des règles de sécurité. § 1. Les dispositions prises en application de l'article R.123-13 du code de la construction et de l'habitation ne peuvent avoir pour effet de diminuer le niveau de sécurité des personnes assuré par le respect des mesures réglementaires de prévention. Le permis de construire ou l'autorisation de travaux doivent mentionner les dispositions exceptionnelles approuvées par l'autorité compétente. À cet effet, chaque disposition envisagée en atténuation doit faire l'objet de la part du constructeur d'une demande écrite comportant les justifications aux atténuations sollicitées et, le cas échéant, les mesures nécessaires pour les compenser. Les atténuations peuvent en particulier porter sur le comportement au feu des matériaux et des éléments de construction et les compensations consister notamment en moyens d'évacuation supplémentaires. § 2. Certains établissements recevant du public et présentant des caractéristiques communes, non explicitement cités dans l'article GN1, peuvent, en raison de leurs spécificités ou de leurs conditions d'exploitation, faire exceptionnellement l'objet de mesures adaptées, validées par la Commission centrale de sécurité après présentation d'un cahier des charges ». https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000020303860/

¹²⁹ Arrêté du 19 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036259061>

sur toutes les places de ces parcs.

b) *Point de recharge rapide*

Le guide PS s'appliquant aux parcs de stationnement ERP précise que les bornes de recharge rapide peuvent être déployées au niveau de référence ou aux niveaux situés au-dessus et en-dessous du niveau de référence couverts équipés d'une installation d'extinction automatique à eau de type *sprinkler*, ou brouillard d'eau sous réserve de l'avis favorable de la commission de sécurité ¹³⁰. **Aucune statistique ne montre un accroissement des incendies avec la puissance de la recharge.** La mission propose cependant d'adopter une attitude de précaution vis-à-vis de cette technologie qui pourra être atténuée dans les années futures.

Recommandation 10. DEPLOIEMENT DES BORNES DE RECHARGE. *Autoriser le déploiement des points de recharge électrique normale (jusque 22 kW) dans l'ensemble des parcs de stationnement couverts. Autoriser, dans une démarche de précaution, le déploiement des points de recharge rapide (supérieure à 22kW) ; i) au niveau de référence ainsi qu'à chacun des niveaux situés au-dessus et en-dessous de celui-ci pour les parcs couverts munis d'une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkler, ou brouillard d'eau, de type ERP, BUP et IGH et ii) dans les parkings privés, au niveau de référence, à l'intérieur de compartiments limités à quelques véhicules (de l'ordre de cinq à six) et bénéficiant d'un système de détection et d'extinction automatique. Réexaminer les dispositions relatives aux points de recharge rapide à partir de 2025 au vu du retour d'expérience et en l'absence de sinistre majeur.*

Elle recommande par ailleurs la mise en place d'une surveillance renforcée pour des puissances supérieures à 50 kW, reposant par exemple sur l'utilisation de caméras thermiques. Elle ne verrait de plus que des avantages à ce qu'un tel système soit déployé pour des bornes de recharge rapide d'une puissance égale ou inférieure.

Plus généralement, l'utilisation de caméras thermiques pourrait renforcer utilement la protection incendie des points jugés à risque dans les parcs de stationnement : bornes recharges rapides de plus de 50 kW dans les parkings ERP, bornes de recharge rapide dans les parkings résidentiels, zone logistique, etc.

2.3.8 Prendre des précautions particulières pour le chargement des engins mobiles électriques

Compte tenu du grand nombre d'accidents survenus jusqu'à aujourd'hui dans la recharge des engins mobiles électriques, vélos, trottinettes, *hoverboards* qui ne disposent ni des mêmes dispositifs de sécurité (BMS) dans la gestion des recharges, ni des mêmes normes de fabrication que les batteries des véhicules automobiles, la mission déconseille la recharge de ces engins dans des parkings couverts à

¹³⁰ La rédaction exacte du guide PS sur ce point est la suivante : « L'installation de points de charge rapide n'est autorisée que dans l'une des conditions suivantes : i) emplacements non couverts ; ii) toiture terrasse et niveau de référence des PSLV ; iii) niveau de référence, niveau au-dessous et niveau au-dessus des parcs de stationnements couverts équipés d'une installation d'extinction automatique à eau de type *sprinkler*, ou brouillard d'eau sous réserve de l'avis favorable de la commission de sécurité ».

moins qu'un local spécifique ne soit construit à cet effet¹³¹.

Recommandation 11. RECHARGE DES BATTERIES DES ENGINES MOBILES ELECTRIQUES. N'autoriser la recharge des engins mobiles (électriques, vélos, trottinettes, hoverboards ...) dans des parcs de stationnement couverts que dans des locaux spécifiques bénéficiant d'une protection incendie similaire aux articles CO 27 à 29 du règlement ERP.

Cette protection pourrait être à l'image à l'image de celle instituée pour les locaux considérés comme à risques dans la réglementation des parcs de stationnement accueillant du public (en référence aux articles CO 27 à CO 29 du règlement de sécurité ERP).

Ces locaux devront de plus bénéficier de dispositifs permettant d'éviter toute explosion lors de leur ouverture en cas d'incendie. Il convient en effet d'éviter de déclencher une explosion lors de leur ouverture en cas d'incendie, comme ce fut le cas pour le feu observé à Colomiers le mardi 14 décembre 2021¹³².

2.3.9 Renforcer la formation et l'équipement des sapeurs-pompiers pour combattre l'incendie de véhicules thermiques ou électriques dans des parkings couverts

Combattre un incendie dans un parking couvert n'est jamais un exercice facile d'autant plus que les incendies récents ont montré que le feu pouvait à partir d'un certain moment ne plus être maîtrisable. De plus, les feux rencontrés sur les véhicules actuels posent la question de la toxicité des fumées et, plus spécifiquement pour les véhicules électriques, du produit à utiliser pour combattre l'incendie¹³³ ainsi que de la manière la plus efficace de le stopper définitivement.

Recommandation 12. FORMATION DES SAPEURS-POMPIERS. La mission recommande à la DGSCGC de renforcer la formation des sapeurs-pompiers vis-à-vis de l'incendie des véhicules, thermiques et électriques, dans les parkings couverts ainsi que de la réalisation du bilan action/risques pour les secours pouvant les conduire à reconnaître une situation « d'impossible opérationnel ».

Elle recommande également :

- de les doter d'appareils portatifs permettant de mesurer la toxicité des fumées, et en particulier la concentration en fluorure d'hydrogène ;

¹³¹ En référence aux articles CO 27 et 28 de l'arrêté du 25 juin 1980 (ERP) qui définit les locaux à risques moyens ou importants ainsi que les conditions auxquelles ils doivent satisfaire (parois coupe-feu et structures stables au feu, porte coupe-feu munie de ferme-porte, amenée d'air et extraction avec volets coupe-feu, détection incendie avec asservissements pour l'alarme...). Source arrêté 25/06/1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557/>

¹³² Voir chapitre précédent

¹³³ Pour combattre le feu d'un bus électrique de marque Karsan, modèle e-ATAK, le 29 avril 2022 le SDIS a utilisé tout à tour de l'eau et de la poudre tandis que le même jour la BSPP intervenait avec de l'eau sur un bus avec une batterie lithium métal polymère.

- de généraliser l'emploi des caméras à imagerie thermique portable. La caméra thermique est devenue, comme l'explosimètre dans les années 60, un outil d'aide au commandement et à la prise de décision. La généralisation de la caméra thermique s'entend comme une dotation dans chaque véhicule de lutte contre l'incendie alors qu'actuellement c'est plus une dotation des véhicules de commandement léger (VL officier de garde). En effet, ainsi que l'expérience du SDIS 16 le montre dans le cas de l'incendie d'une concession automobile à Angoulême¹³⁴, l'utilisation d'une caméra d'imagerie thermique portable de dimension réduite facilite la progression des sapeurs-pompiers en milieu enfumé ainsi que la localisation d'éventuelles victimes et des foyers d'incendie. L'utilisation de cet équipement a eu un impact majeur dans la localisation du foyer dans le grand volume enfumé que représente l'atelier de la concession permettant ainsi une attaque plus rapide de l'incendie. Le SDIS 16 conclut en soulignant que la généralisation de ce type d'équipement, d'un prix abordable, fruit d'une technologie aujourd'hui largement éprouvée, a permis d'améliorer très sensiblement les conditions de lutte contre l'incendie en permettant notamment la localisation rapide d'éventuelles victimes mais aussi des foyers d'incendie.

2.3.10 Mettre à jour la réglementation

Dans ses travaux, la mission souligne qu'elle a énoncé un certain nombre de principes destinés à renforcer la sécurité incendie dans les parcs de stationnement et à rendre son application plus homogène sur le territoire national : ces principes doivent maintenant faire l'objet des textes réglementaires nécessaires voire législatifs.

Recommandation 13. MISE A JOUR ET RENFORCEMENT DE LA REGLEMENTATION Mettre en place le groupe de travail interministériel, envisagé par conjointement par la DGSCGC et la DGALN, pour mener à bien le chantier réglementaire de l'harmonisation des réglementations incendie sur les parcs de stationnement

¹³⁴ Cf RETEX du feu de véhicule électrique survenu dans une concession automobile à Angoulême le 16 septembre 2020, SDIS 16

Conclusion

À l'issue de son travail, la mission constate que :

- la protection actuelle contre l'incendie dans les parcs de stationnement n'est pas adaptée aux véhicules thermiques actuels. Si, dans le passé, on considérait qu'un incendie pouvait concerner au plus une dizaine de véhicules, plusieurs incendies majeurs se sont produits ces dernières années dans les parcs de stationnement : à chaque fois, le feu s'est développé de façon telle qu'il était impossible à maîtriser aussi bien par les dispositifs internes que par les services de secours extérieurs, des centaines de véhicules ont été détruits et la stabilité de l'infrastructure a été remise en cause. Les véhicules actuels contiennent en effet une plus grande proportion de matériaux en plastique, plus facilement inflammables et qui permettent une propagation plus rapide du feu ;
- en France, la protection contre l'incendie des parkings souterrains est aujourd'hui éclatée entre plusieurs réglementations dont la parution a été étalée dans le temps et qui, hormis pour celle s'appliquant aux parcs de stationnement ERP récents, ne prennent en compte ni le risque lié aux véhicules électriques ni celui lié aux véhicules thermiques actuels. Enfin, l'insuffisance de doctrine nationale conduit les commissions de sécurité à adopter, pour les parcs de stationnement ERP, des solutions en aggravation/atténuation qui, bien que réglementaires, sont perçues comme autant d'approches hétérogènes et constituent des points de fragilité aussi bien au niveau juridique que pour les donneurs d'ordres et les exploitants ;
- le véhicule électrique présente un potentiel calorifique et, en cas d'incendie, un débit calorifique comparables à ceux d'un véhicule thermique. Le comportement au feu d'un véhicule électrique est cependant différent : le feu se déroule sur une plus longue période, peut reprendre à plusieurs reprises, parfois plusieurs heures après une première extinction, et peut nécessiter de très grandes quantités d'eau ainsi que des difficultés voire des impossibilités opérationnelles dans certains parkings.

La mission, en s'appuyant sur les constats des SDIS et des missions économiques des différentes ambassades, sur les analyses menées dans certains pays étrangers, principalement aux États-Unis, et sur l'évolution des réglementations étrangères, propose de :

- renforcer notablement la protection incendie des parcs de stationnement couverts en prenant en compte le fait qu'ils accueillent ou non du public et que leur ruine peut avoir des conséquences notables lorsqu'ils sont situés sous des bâtiments utilisés à d'autres usages ;
- recréer une doctrine nationale globale pour la protection incendie de l'ensemble des parcs de stationnement ainsi qu'une commission nationale de sécurité chargée d'en préciser l'application ;
- autoriser le déploiement des points de recharge normaux dans l'ensemble des parcs de stationnement, mais n'autoriser celui des points de recharge rapide que dans le cadre d'une démarche de précaution dont les mesures pourront être atténuées dans le temps ;
- mettre en place, à l'exemple du NSTB américain, une structure nationale (voir européenne) chargée d'analyser les départs de feu sur des véhicules électriques et de vérifier que les constructeurs prennent les mesures de rappel nécessaires.

En finissant ses travaux, la mission souligne qu'elle a énoncé un certain nombre de principes destinés à renforcer la sécurité incendie dans les parcs de stationnement et à rendre son application plus homogène sur le territoire national : ces principes doivent maintenant faire l'objet des textes réglementaires, voire législatifs, nécessaires.

Dominique AUVERLOT



**Ingénieur général des ponts, des eaux
et des forêts**

Laurent MOREAU



**Inspecteur général de l'administration en service
extraordinaire**

Annexes

Lettre de mission

26/11/21



GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité

DGSCGC/DSP/SDSias/BPRINJS

Paris, le

24 NOV. 2021

La ministre de la Transition écologique

Le ministre de l'Intérieur

**Le ministre délégué auprès de la ministre de la Transition écologique,
chargé des Transports**

à

Monsieur Daniel BURSAUX

Vice-président du Conseil général de l'environnement et du développement durable

et

Monsieur Michel ROUZEAU

Chef du service de l'inspection générale de l'administration

Objet : Déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques, IRVE, dans les parcs de stationnement couverts.

Dans le cadre du développement de l'électromobilité, plusieurs chantiers prioritaires ont été identifiés pour accélérer le déploiement des installations de recharge pour véhicules électriques (IRVE), notamment en résidentiel collectif et dans les parcs de stationnement publics (Etablissement Recevant du Public – ERP ou affectés à l'usage de salariés). A ce titre, des soutiens financiers sont prévus, en particulier avec le dispositif de Certificats d'Économie d'Énergie pour lesquels une enveloppe de 100 M€ est dédiée.

La loi d'orientation des mobilités n° 2019-1428 du 24 décembre 2019, ainsi que la récente loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets apportent des avancées substantielles pour faciliter les installations d'IRVE sur ces cibles : droit à la prise, pré-équipement, obligation d'équiper les parcs de stationnement en 2025, etc.

Bien que les installations d'IRVE dans les parcs de stationnement couverts ne soient pas nouvelles, l'atteinte de nos objectifs de déploiement nécessite une bonne connaissance de la réglementation, en particulier de la part des opérateurs de bornes de recharge, des aménageurs et des porteurs de projet.

Nous vous demandons ainsi de diligenter une mission pour :

- identifier, sur la base de la réglementation européenne, les principes généraux des réglementations d'autres pays européens (a minima Pays-Bas et Allemagne) relatives à l'installation de bornes dans les parcs de stationnement couverts (résidentiel, tertiaire, ERP) ;
- identifier au niveau national les différences entre les réglementations et les référentiels relatifs à l'installation de bornes dans les différents types de parcs de stationnement couverts précités, notamment en matière de sécurité incendie ;
- proposer des pistes d'harmonisation voire d'unification de ces réglementations et référentiels.

Vos propositions devront distinguer le volet spécifique des IRVE dans les parcs (réseau de puissance, gestion de la recharge) du volet général de la présence croissante de véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les parcs de stationnement, même non équipés d'IRVE (en particulier à long terme dans le cadre de la fin de commercialisation des véhicules thermiques).

La mission bénéficiera du soutien des équipes de la direction générale énergie climat, de la direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages, de la direction générale de la prévention des risques, de la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises et du coordinateur ministériel pour le déploiement des bornes pour les véhicules électriques. Elle consultera en tant que de besoin les entreprises et fédérations parties prenantes, notamment la FNMS, la PFA ainsi que l'AVERE.

La mission devra rendre ses conclusions sous quatre mois et formuler des propositions qui pourraient être initiées sur la période 2022/2023. Un point d'avancement mensuel sera remonté à nos cabinets respectifs.

Le directeur de cabinet de
la ministre de la Transition
écologique



Jack AZOULAY

Le directeur de cabinet du
ministre de l'Intérieur



Pierre de BOUSQUET

Le directeur de cabinet du
ministre délégué auprès de la
ministre de la Transition
écologique, chargé des Transports



Stéphane DAGUIN

Liste des personnes rencontrées

10/12	Nicolas MARILLET	Colonel SPP, chef de bureau de l'organisation et des moyens des SIS	BOMSIS, DGSCGC
10/12	Claude RENARD	Coordinateur du déploiement des bornes pour les véhicules électriques,	DGEC
13/12	David GIRET	Colonel de sapeurs-pompiers, chef de bureau prévention et de la réglementation incendie	BPRI, DGSCGC
	Nathalie MARTIN-NDIAYE	Adjointe du chef de bureau	DGSCGC
	David LE TUTOUR		
15/12	Hélène HERON,	Chef de bureau,	DGPR
17/12	Benjamin TRUCHOT	Responsable de l'unité dispersion incendie, expérimentation, modélisation	INERIS
07/01	François GROS	Colonel HC, Chef de bureau, Doctrine, formation, Equipements	BDFE, DGSCGC
07/01	Frédéric TOURNAY	Colonel HC, Directeur départemental SIS 47	SDIS 47
10/01	Jean- François DUARTE-PAIXAO	Colonel, Chef bureau prévention	BSPP
	Jean-Luc BARNAY	Capitaine	BSPP
	Fabrice DIQUELLOU	Chargé de prévention	BSPP
12/01	Claire BERGE		Ambassade France Rome
12/01	Catherine BELLIOU	Adjointe au chef de bureau DHUP/QC1	Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, DGALN
	Lauriane CASSAR	Chef de projet sécurité bâtiments	DGALN/DHUC
12/01	Clément MOLIZON	Délégué général adjoint, en charge des relations institutionnelles	AVERE
12/01	Marie-Laure LE NAIRE	Chargée d'Affaires Publiques - Mobilité décarbonée	Renault
	Claire PETIT-BOULANGER		Renault
	Christophe LENGLOS	Lieutenant-colonel (détaché du SDIS 78)	Renault
12/01	Pétronille SETBON-TIJARDOVIC	Expert national à la Direction Technique et Organisation de l'Apave en Sécurité Incendie et Accessibilité	APAVE

	Nicolas CHAMBON		APAVE
	Guy BELLON		APAVE
12/01	Christelle VERSTRAETEN		Chargepoint
12/01	Thierry BOURDAS		Ville de Paris
13/01	Jean-Laurent Dirx	Président	FNMS
13/01	Audrey MOREL - SENATORE	Docteur droit, cheffe du pôle recherche national savoir,	ENSOSP
	Edouard LECOMTE	Directeur général	FNMS
13/01	Simon MARTIN		Cabinet Transports
	Tristan BREHIER		Cabinet Transports
13/01	Eric PREMAT	Directeur adjoint	Cetu
	Antoine MOS	Adjoint au chef de pôle	Cetu
18/01	Gilles GREGOIRE	Contrôleur général, directeur départemental 59	SDIS 59
19/01	Bruno DUCAROUGE	Lieutenant-colonel	SDIS 68
	Patrice GERBER	Colonel	SDIS 68
	Christophe MARCHAL	Lieutenant-colonel	SDIS 68
	Laurent MARCK	Commandant, chef du service prévention	SDIS 68
	Benoit MILANESI	Lieutenant-colonel	SDIS 68
	Michel GENTILLEAU	Lieutenant-colonel	SDIS 86
	Eric FLORES	Contrôleur général, directeur départemental SIS 34	SDIS 34
	Alain MAILHE	Contrôleur général, directeur départemental SIS 42	SDIS 42
20/01	Gregory ALLIONE	Contrôleur général, président Fédération nationale SP France	FNSPF
21/01	Vincent FRANCO	Lieutenant-colonel, chef du groupement prévention	SDIS 06
	Claire KOWALEWSKI	Colonelle HC, expert commission européenne, DG ECHO	Commission Européenne
25/01	Pierre PREVOST	Lieutenant-colonel	SDIS 59
25/01	Loïc FLANDRE	Directeur des Développements	E4V
	Marie-Pierre BICHAT	Electrochemical researcher	E4V
25/01	Emmanuel RAOULT	Expert incendie et explosion à Compétence Nationale	La Poste BSCC
27/01	Philippe BELLON	Responsable de Domaine Groupe Délégué Performance des Installations Électriques	APAVE GROUPE
	Pétronille SETBON-TIJARDOVIC	Spécialiste Sécurité Incendie et Accessibilité Direction Technique et Organisation	APAVE
28/01	Pauline ANEST BAVOUX	Ingénieure recherche et expertise,	CSTB

		Division Expertise	
	El Mehdi KOUTAIBA	Responsable Pôle Recherche et Expertise FEU	
31/01	Laurent CHAVILLON	Contrôleur général, directeur départemental SIS 95	SDIS 95
02/02	Cécile LAVIE-COMPIN	Chef de service Déploiement Projets Mobilité Electrique	TOTALENERGIES MARKETING FRANCE
	Hugues DEREGNANCOURT	Contrôleur général, directeur départemental SIS 01	SDIS 01
7/02	René CELLIER	Contrôleur général, directeur départemental SIS 67	SDIS 67
08/02	Aurélié DEBART	Safety traction Battery Expert	Renault
	Marie-Laure LE NAIRE	Chargée d'Affaires Publiques - Mobilité décarbonée	Renault
	Claire PETIT-BOULANGER		Renault
	Christophe LENGLOS	Lieutenant-colonel (détaché du SDIS 78)	Renault
09/02	Jan DE SAEDELEER	Direction générale Sécurité civile Prévention Incendie	Gouvernement fédéral belge
	Frédéric ULENS	Direction générale Sécurité civile Prévention Incendie	Gouvernement fédéral belge
09/02	Gilles HELSCHGER	Responsable Hygiène Sécurité Environnement,	SAFT
	Patricia CLAVERIE	Senior Vice President HSE	TOTALENERGIES
11/02	Alexandre CATY	Chef de projets Partenariats Pôle Mobilité Electrique	Enedis
	Pierre de FIRMAS	Directeur Mobilité Électrique	Enedis
	Luc GUERLAIS		Enedis
14/02	Christelle VIVES	Directrice générale	Izivia
14/02	Frédéric LAFONT	Directeur d'exploitation	Q-park France
	Michèle SALVADORETTI	Directrice générale	Q-Park France
21/02	Jérôme BALMES	Responsable de la cellule pilotage d'activité et technologie	France Assureurs
	Flora GUILLIER	Responsable Prévention Entreprises et Risques Agricoles	France Assureurs
22/02	Frédéric LAFONT	Directeur d'exploitation	Q-Park France
23/02	Redouane BOULAHY	Directeur marketing solution	Izivia
	Alban JEANDIN		
	Lionel PELLETIER		
	Franck THEOBALD		
24/02	Jean- François DUARTE-PAIXAO	Colonel, Chef bureau prévention	BSPP

	Florian SOURIS	Commandant, chef service prévention SIS 12	SDIS 12
	Jean-Luc BARNAY	Capitaine	BSPP
	Fabrice DIQUELLOU	Chargé de prévention	BSPP
28/02	Laurent FERLAY	Contrôleur général, chef de l'inspection générale sécurité civile	DGSCGC
08/03	Denis BRUEL	Sous-Directeur de la Sécurité du Public	Direction des Transports et de la Protection du Public/Préfecture Police Paris
	Françoise FOLACCI	Chef du service des architectes de sécurité	DTPP/ PPP
	Antoine PRIME	Adjoint à l'architecte en chef	DTPP/PPP
	Christophe PEZRON	Directeur	Laboratoire central de la Préfecture de Police de Paris, LCPP
	Jean Pierre ORAZY	Chef de la division expérimentation, modélisation et prévention incendie	LCPP
	Aurélien THIRY	Adjoint au directeur	LCPP
	Mathieu SUZANNE	Chef du laboratoire Modélisation, Etudes et Expérimentation incendie.	LCPP
23/03	Jean-François BOSSUAT	Chef du bureau	BARPI
	Gauthier VAYSSE	Chargé de mission	
	Christian VEIDIG	Adjoint au chef de bureau	
29/03	Christophe DELCAMP	Directeur adjoint Direction des assurances de dommages et responsabilité	France Assureurs
	Flora GUILLIER	Responsable Prévention Entreprises et Risques Agricoles	France Assureurs
1/04	Laurent TORCHEUX	Senior Expert EDF group - Battery storage	EDF
7/04	Thomas Bordey	Lead Deployment Manager, France	Tesla
	Michael McConnell	Master Automobile Technician	Tesla
	Cédric Thoma	Public policy and business development manager	Tesla
28/29/04	Jean-Jacques BERTRAND	Responsable régional sud-est	Q-Park France
	Jean-Nicolas GUICHARD	Responsable QCR	Q-Park France
	Frédéric LAFONT	Directeur d'exploitation	Q-Park France
3/05	Jean-Francois DUARTE PAIXAO	Colonel, Chef du bureau prévention	BSPP
11/05	Benjamin TRUCHOT	Responsable de l'unité dispersion	INERIS

		incendie, expérimentation, modélisation	
10/06	Yann LELONG	Président	Green Vision
	Clément MOLIZON		AVERE
	Bassem HAIDAR		AVERE
14/06	Frédéric GOULET	Colonel de sapeurs-pompiers, Chef du bureau de la prévention et de la réglementation incendie	BPRI, DGSCGC
	David Le TUTOUR	Commandant	BPRI, DGSCGC
29/06	Pierre-Alain ROCHE	Président section	CGEDD
	Philippe SAUZEY	Inspecteur général de l'administration	IGA
	Florence TORDJMAN	Présidente section	CGEDD
01/07	Emilie CONSTANT		AFOR (Bornes Solution)
	Valentin FANTON d'ANDON	Conseiller senior	AFOR (EUROS AGENCY)
	Angelo LA BRUTTO	Directeur technique	AFOR (Zepug)
	Emilie Moranger-Gay	Directrice Marketing & B2B	AFOR (Zepug)
01/07	Alexandra DEL MEDICO	Déléguée Générale	Qualifelec
	Thierry GROSDIDIER	Directeur technique	Qualifelec
	Hendrik PORTE	Consultant affaires publiques	GEN-G

La mission a de plus visité :

- le centre de contrôle à distance et de relation clients de Q-Park à Portes-Lès-Valence les 28 et 29 avril 2022 en présence de Frédéric LAFONT, Directeur d'exploitation, Jean-Jacques Bertrand, responsable régional sud-est et de Jean-Nicolas GUICHARD, Responsable QCR ;
- les ateliers de la société Green vision situés à Etampes le 10 juin en présence de son directeur Président Yann LELONG.

Annexe 1 . Synthèse technique

- a) Les véhicules particuliers (VP) électriques aussi bien que les véhicules utilitaires légers (VUL) électriques devraient se développer très fortement dans les prochaines années et remplacer progressivement les véhicules thermiques dans les parcs de stationnement couverts. Le déploiement de points de recharge dans les parcs de stationnement couverts devrait s'accroître en parallèle, d'autant plus que la loi d'Orientation des mobilités de décembre 2019 et la loi Climat et résilience d'août 2021 prévoient, en particulier pour les copropriétés, des dispositifs particulièrement intéressants de financement du raccordement des infrastructures de recharge aux réseaux publics de distribution d'électricité : ce déploiement pose cependant la question de la protection incendie des points de recharge, qu'ils soient lents ou rapides. Par lettre du 24 novembre 2021, la ministre de la transition écologique, le ministre de l'intérieur, le ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique chargé des transports, ont donc demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable et à l'Inspection générale de l'administration de diligenter une mission relative aux mesures de protection contre l'incendie à prendre lors de l'installation d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques dans les parcs de stationnement couverts.
- b) Le risque d'incendie dans un parc de stationnement couvert ne peut être écarté, ne serait-ce qu'en raison d'un incendie d'origine criminelle. La fumée dégagée rend toujours difficile l'intervention des sapeurs-pompiers, mais les usagers du parc de stationnement ont le temps de quitter les lieux si bien qu'un tel incendie n'entraîne généralement pas de victimes. Dans les années 1970 à 2000, la principale conviction qui animait la réflexion sur la sécurité incendie dans les parkings était que le feu allait être limité à quelques véhicules et que ses conséquences seraient donc faibles. De fait, l'analyse des incendies observés en parking dans les années 1980-2000 montrait que le nombre maximum de véhicules impliqués était de trois pour un parking en superstructure et de sept pour un parking enterré ou sous une dalle.
- c) Les incendies survenus, dans les dix dernières années, dans le parking de la place Vendôme à Paris le 8 mars 2012 (une trentaine de véhicules détruits), dans le parking ouvert de Liverpool (31 décembre 2017, 1 150 véhicules détruits, propagation du feu à un véhicule voisin toutes les trente secondes au pic du feu), dans le parking souterrain des Salinières à Bordeaux (18 mai 2019, 370 véhicules détruits) ainsi que dans le parking ouvert de l'aéroport de Stavanger à Sola (Norvège, 8 janvier 2020, 200 à 300 véhicules détruits) montrent que cette conception est devenue obsolète :
- les dispositifs de protection actuels dans les parkings couverts ne suffisent pas à prévenir des feux de grande ampleur qui vont endommager plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de véhicules (cf. incendies de Liverpool et de l'aéroport de Stavanger en Norvège) ;
 - ces feux de véhicules (indépendamment de la présence ou non de véhicules électriques) peuvent conduire à l'endommagement de la structure voire à son effondrement partiel : c'est le cas des feux de Liverpool, de l'aéroport de Stavanger, du parking des Salinières à Bordeaux, du parking de Choisy le Roi ;
 - l'effondrement des structures peut conduire à la mort des pompiers engagés dans la lutte contre le sinistre comme le montre l'exemple de l'incendie intervenu dans un parc de stationnement situé à Gretzenbach en Suisse.

L'analyse du risque incendie dans les parkings menée par les pompiers américains à la suite des incendies survenus à Liverpool en 2017 et sur l'aéroport de Stavanger à Sola en 2020, qui ont conduit à une prise de conscience brutale, principalement de la communauté anglo-saxonne du feu, a montré que la principale cause de cette évolution résidait dans la composition des véhicules actuels : un véhicule américain moyen en 2018 contient 91 % de plastique en plus en poids que le véhicule moyen de 1970 et de nombreuses pièces - des pare-chocs aux réservoirs d'essence (qui

ne résisteront que deux à cinq minutes à un feu de nappe¹³⁵ et qui vont laisser s'écouler le carburant) en passant par le collecteur d'admission du moteur -, sont désormais en plastique ce qui facilite le démarrage de l'incendie et accélère la propagation des flammes, à l'intérieur même des véhicules ainsi qu'entre les véhicules (en particulier avec les plastiques extérieurs tels les pare-chocs ou avec le carburant s'échappant des réservoirs). Premier facteur aggravant, la largeur des véhicules particuliers a augmenté de 20 centimètres en une quarantaine d'années ce qui favorise bien entendu la propagation du feu par rayonnement thermique. Deuxième facteur aggravant, les parkings souterrains situés en infrastructure (par exemple sous un centre commercial) ou non ouverts sur l'extérieur sont par conception des lieux ne permettant pas de disperser facilement les fumées d'un incendie ce qui peut provoquer une forte et rapide élévation de température favorisant la propagation du feu (effet four/prorogation par convection + conduction + rayonnement).

La conséquence principale de cette évolution ne réside pas tant dans l'énergie calorifique que les véhicules peuvent dégager en cas d'incendie ni dans le débit calorifique maximal - qui restent sensiblement les mêmes que dans les années 1990-2000 et qui sont du même ordre de grandeur pour les véhicules thermiques que pour les véhicules électriques -, mais dans la vitesse de propagation du feu d'un véhicule à l'autre avec notamment, dans les parkings couverts, la constitution d'une couche d'air chaud (chauffage par convection) et d'un panneau radiant (chauffage par rayonnement direct) qui peut conduire à l'inflammation des matériaux en plastique présents sur les véhicules.

Dès lors, il est nécessaire de prendre en compte la possibilité que les sapeurs-pompiers ne puissent maîtriser un feu se déclenchant dans un parking et doivent le laisser se développer, au risque d'endommager la structure du bâtiment dans lequel il se situe. Une révision des mesures de protection contre l'incendie en découle naturellement.

La mission recommande que soient menés des essais à taille réelle permettant de déterminer la vitesse de propagation d'un incendie entre des véhicules actuels, aussi bien électriques que thermiques¹³⁶, en présence ou non de dispositifs d'extinction automatique à eau, et d'en comparer les résultats aux essais réalisés dans d'autres pays, États-Unis notamment.

- d) Le développement du véhicule électrique introduit un certain nombre de paramètres supplémentaires dans cette problématique. Le véhicule électrique présente des risques d'incendie comparables (en termes de probabilité d'occurrence et de gravité) avec ceux des véhicules thermiques. Les essais effectués, en France (Ineris, CTICM notamment) et à l'étranger convergent en effet pour montrer que l'énergie calorifique et le débit calorifique maximal dégagés lors d'un incendie d'un véhicule électrique seraient voisins de ceux d'un véhicule thermique actuel. De plus, même si des défauts de fabrication des batteries ont été constatés ces dernières années et ont conduit à des rappels de plusieurs dizaines de milliers de véhicules, les statistiques américaines et allemandes font état *a contrario* d'une probabilité d'incendie nettement plus faible pour un véhicule électrique neuf que pour un véhicule thermique (et légèrement supérieure pour un véhicule hybride). Le comportement au feu d'un véhicule électrique est néanmoins différent de celui des véhicules thermiques :

- même si des progrès importants ont été effectués, les batteries actuelles peuvent encore donner lieu à : a) des courts-circuits entre électrodes, et b) à des réactions exothermiques, dite d'emballement thermique, dans une ou plusieurs cellules lorsque la température de l'électrolyte liquide dépasse un seuil de température voisin de 150°C¹³⁷. Ces deux événements qui conduisent généralement à un départ de feu se produisent bien souvent de façon concomitante : un court-circuit va entraîner une décharge très rapide et une réaction

¹³⁵ Le terme « feu de nappe » correspond à la combustion d'une nappe de combustible liquide.

¹³⁶ Ces essais pourraient être étendus aux véhicules hydrogène, à gaz, ou au GPL si ceux-ci se développent significativement.

¹³⁷ La valeur de ce seuil varie suivant la chimie de la batterie.

d'emballlement thermique, tandis qu'une réaction d'emballlement thermique va conduire à la fusion du séparateur et à un court-circuit. Ces phénomènes peuvent également ne pas survenir même si le véhicule prend feu ;

- en cas de court-circuit ou après un accident, un incendie peut se déclarer sur un véhicule électrique à l'arrêt depuis plusieurs heures, voire plusieurs dizaines d'heures : ce phénomène peut également se produire sur un véhicule thermique sans que la mission ne dispose de statistiques lui permettant de dire si cette probabilité est du même ordre de grandeur ou plus élevée pour un véhicule électrique ;
- un feu de véhicule électrique est généralement plus long que celui d'un véhicule thermique. De plus, il est difficile d'éteindre l'incendie présent dans une batterie : le feu peut donc repartir plusieurs dizaines de minutes, voire plusieurs heures, après son extinction apparente ;
- en l'absence de dispositions prévues lors de la fabrication du véhicule, les quantités d'eau nécessaires pour combattre l'incendie d'un seul véhicule peuvent dépasser la dizaine de mètres cubes et atteindre jusqu'à 30 m³ pour une Tesla ;
- l'incendie d'une batterie dégage des gaz toxiques particuliers (acide fluorhydrique notamment) : le fluide utilisé pour la climatisation dans les véhicules thermiques aussi bien qu'électriques reste cependant la première source d'émissions de gaz toxiques. Même si cette toxicité n'a pas eu d'effet constaté dans les feux répertoriés jusqu'à présent, la concentration des gaz toxiques, sans danger dans un tunnel bénéficiant d'une ventilation adéquate, est à mesurer dans un incendie de parking.

e) La mission s'est placée dans une démarche classique de prise en compte du risque en cherchant par ses recommandations à i) abaisser la probabilité de l'incendie, mais aussi à ii) en réduire les conséquences en renforçant la protection incendie des parkings concernés. Elle souligne cependant qu'aujourd'hui, 130 à 150 véhicules brûlent en moyenne chaque jour en France et que cette probabilité (qui doit être réduite) ne pourra être ramenée à zéro (y compris dans les parcs de stationnement).

Pour *i) abaisser la probabilité de départ de feu dans un parking*, la mission :

- rappelle, tout d'abord, que, pour recharger un véhicule électrique, il convient d'utiliser uniquement le câble de recharge d'origine et qu'il *ne faut en aucun cas utiliser une rallonge* ;
- constate que la probabilité de départ de feu intervenant sur une batterie ou sur un véhicule électrique (ou thermique) est faible et que les constructeurs procèdent à des rappels massifs pouvant concerner des dizaines, voire des centaines de milliers de véhicules lorsqu'ils identifient un défaut générique, en le faisant parfois précéder d'une limitation de l'énergie emmagasinée dans la batterie. Dans le futur, l'architecture et la composition même des batteries vont encore évoluer notablement et un grand nombre de nouvelles usines vont commencer à produire des batteries en Europe : malgré toute la rigueur des dispositifs de contrôle qui seront mis en œuvre, il est très probable que d'autres défauts de conception se révéleront « à l'usage ». De plus le vieillissement d'une cellule reste un phénomène complexe : il est probable qu'il se traduise par une augmentation progressive de sa résistance et une diminution de sa capacité, conduisant à la mise hors service de la batterie, avant que des phénomènes de type dendritique ne se produisent. Le suivi du retour d'expérience devrait permettre de vérifier ce point. La mission recommande donc la mise en place au sein de l'administration d'un suivi statistique des incendies intervenant sur les véhicules automobiles aussi bien thermiques qu'électriques (en circulation, à l'arrêt, en charge) ainsi que d'un lieu d'analyse de ces incendies, - à l'exemple du NSTB aux États-Unis -, afin d'être en mesure de s'assurer que, lorsque plusieurs incendies sont constatés, le constructeur procède rapidement au rappel nécessaire de tous les véhicules éventuellement concernés ainsi qu'à la mise en œuvre d'éventuelles mesures complémentaires nécessaires (limitation de la charge, stationnement en lieu clos déconseillé, ...) : la collecte des données pourrait être assurée par

les SDIS, leur analyse pourrait être effectuée conjointement par la DGSCGC et le Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre, BEA-TT, en s'appuyant notamment sur l'Institut national de l'environnement industriel et des risques, l'INERIS. Au niveau européen, une telle structure de suivi des incidents/accidents pourrait être créée, en liaison avec l'Association internationale des services d'incendie et de secours, le CTIF, en y associant les autorités, les constructeurs et les services d'incendie et de secours ;

- constate que la réglementation relative à la protection des batteries contre l'incendie a beaucoup progressé dans le cadre du Forum mondial pour l'harmonisation des règlements sur les véhicules (*World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations*), aussi appelé WP 29, et souligne l'importance qu'il convient d'accorder à ces travaux. Les derniers textes, adoptés en réunion plénière à Genève en novembre 2020, entrés en vigueur le 9 juin 2021 et s'appliquant aux nouvelles homologations de véhicules à partir du premier septembre 2023, imposent par exemple des prescriptions relatives à la propagation thermique : lorsqu'une batterie contient un électrolyte inflammable, les occupants du véhicule (car ou bus) ne doivent pas être exposés à un environnement dangereux du fait d'une propagation thermique déclenchée par un court-circuit interne entraînant l'emballement thermique d'une cellule. Les travaux portent actuellement sur la manière de limiter le risque d'emballement thermique ainsi que sa propagation entre cellules ;
 - recommande, en suivant la position de l'INERIS, un approfondissement européen des normes (voire de la réglementation) relatives au *battery management system* (BMS). Ce dispositif permet sans l'écarter aujourd'hui, de réduire nettement la probabilité d'emballement thermique d'une cellule. L'Ineris souligne notamment qu'il existe déjà une norme chinoise QC/T 897-2011 dédiée au BMS des véhicules électriques ainsi qu'une proposition indienne de création d'une norme internationale IEC ;
 - recommande enfin d'inscrire dans la réglementation l'obligation
 - pour un véhicule électrique lourd (bus autocar, poids lourd, voire train et navire) d'équiper la batterie d'un système d'extinction automatique qui injecte un produit arrêtant l'incendie dans la batterie lorsqu'il se déclare, dès lors que l'efficacité des systèmes correspondants aura été reconnue ;
 - pour les véhicules légers, de prévoir l'extinction rapide d'un feu se produisant à l'intérieur de la batterie du véhicule par des secours extérieurs : ce pourrait être dans un premier temps, un critère de la notation du Programme européen d'évaluation des nouveaux véhicules *Euro Ncap*. Les procédés d'extinction utilisés aujourd'hui (berce d'immersion, lances perforantes, couvertures anti feu...) permettent d'éviter la ré-inflammation de la batterie mais ne permettent pas l'intervention des secours sur un emballement initial ;
 - pour les véhicules légers de contrôler l'état de la batterie après un choc ayant entraîné le déclenchement d'un airbag et de ne pas stationner avant le contrôle le dit-véhicule dans un parc de station couvert, même si ce parc sert à évacuer les véhicules de la voie publique.
- f) La *ii) protection contre l'incendie des parkings couverts* fait l'objet d'une réglementation qui est aujourd'hui éclatée entre de très nombreux textes dont la parution a été étalée dans le temps : ceux-ci ne prennent en compte ni le risque lié aux véhicules électriques ni celui lié aux véhicules thermiques actuels (à l'exception des réglementations relatives aux ERP et aux ICPE) et laissent beaucoup de liberté dans l'application locale. Ainsi, dans le cas des parcs de stationnement des ERP, les commissions de sécurité – qui ne sont compétentes que sur ces parcs de stationnement - adoptent, à partir des réglementations incendies, des solutions en aggravation/ atténuation qui sont perçues comme autant d'approches hétérogènes. L'inconvénient principal réside dans la

difficulté, pour les maîtres d'ouvrage soumis à l'avis d'une commission de sécurité, de connaître les mesures qu'ils devront mettre en œuvre. À titre d'exemple, le SDIS 33 (qui a été confronté au feu de parking des Salinières) et la BSPP (utilisant notamment le guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public) s'appuient sur leur expérience opérationnelle (qui a également inspiré le guide PS) et sur leur analyse des risques et de leurs conséquences pour fournir leurs préconisations aux commissions de sécurité. Cette approche est parfois perçue comme maximaliste par les exploitants de parking. La mission recommande donc le retour à une doctrine nationale globale clairement définie pour la protection incendie de l'ensemble des parcs de stationnement et à un règlement de sécurité unique comprenant des dispositions générales et des dispositions particulières suivant les types de parcs de stationnement (IGH, ERP, BUP, Habitation) et la construction utilisée (béton, bois, métal, ...). Elle recommande également la création d'une commission nationale de sécurité chargée de clarifier les textes, de préciser la manière dont ils doivent être lus et de préparer ainsi des évolutions réglementaires.

- g) Aux États-Unis, l'analyse menée par les pompiers américains a conduit à une révision de la réglementation : la version 2023 du règlement NFPA 88A (article 6.4.1.) impose désormais l'installation de sprinklers automatiques dans tous les parkings. Un programme de recherche complémentaire pour mieux apprécier les conditions d'efficacité du *sprinklage* dans les parkings couverts largement ventilés a été lancé. Les Pays Bas renforcent également la protection des parkings situés sous des espaces destinés à d'autres utilisations. Au-delà des normes relatives à l'installation des bornes de recharge et du réseau électrique, aucun pays (hormis la Belgique) ne prend de mesures particulières sur la protection incendie dans les parkings en raison de la présence de véhicules électriques. La mission n'a pas trouvé de prescriptions particulières relatives à la protection incendie des parkings en relation avec le déploiement de bornes de recharges rapides.
- h) Dans ces conditions, la mission propose de renforcer notablement la protection incendie des parcs de stationnement, y compris des parcs existants. Les recommandations proposées par la mission reposent sur quatre points principaux :
- le premier consiste à définir ou à redéfinir des scénarios de référence pour le risque d'incendie dans un parc de stationnement afin de prendre en compte l'évolution des matériaux présents dans les véhicules actuels (électriques aussi bien que thermiques) ; des renforcements de la protection incendie des structures porteuses seront à prévoir, au cas par cas, pour les parcs de stationnement dont le dimensionnement a été conçu avec les actuels scénarios de référence ;
 - le second consiste à recommander la mise en place d'un système d'extinction automatique qui n'a pas pour rôle d'éteindre l'incendie mais de retarder suffisamment sa propagation pour que les sapeurs-pompiers puissent le maîtriser :
 - pour les parkings recevant du public (ERP) ou des visiteurs (dans le cas des parkings à usage professionnel) : les usagers du parking ne sont pas censés en connaître les sorties ;
 - ainsi que pour les parkings dont la ruine pourrait entraîner des conséquences importantes : parcs de stationnement présents dans des immeubles de grande hauteur ou situés sous des espaces pouvant recevoir du public (centres commerciaux, hôtels, ...) ou des salariés ;

Dans les deux cas, la mission estime que cette mesure s'impose pour les parkings neufs et doit être appliquée de manière rétroactive dans des délais à définir (ne dépassant pas 2030) pour les parkings existants. La mission rappelle que, hormis pour les IGH, seule la réglementation actuelle prévoit, depuis décembre 2017 et sans effet rétroactif, l'installation d'un système d'extinction automatique du type *sprinkler* à tous les niveaux dans les parcs de stationnement couverts neufs disposant de plus de deux niveaux accueillant du public. Cette installation n'est

cependant pas obligatoire dans les parcs de stationnement largement ventilés : la doctrine largement admise avant les incendies de Liverpool et de l'aéroport de Stavanger à Sola consistait en effet à dire que les conditions n'étaient pas réunies pour que le feu se propage dans de tel parcs ;

- la mission recommande de s'assurer que les parcs de stationnement situés dans et sous des immeubles de grande hauteur font bien l'objet d'une protection incendie adéquate, reposant notamment sur une surveillance 24h/24 et sur la présence d'une installation fixe d'extinction automatique à eau.

L'arrêté de 1977 relatif aux immeubles de grande hauteur instituait déjà de telles mesures pour les parcs de stationnement qui en font partie et l'imposait rétroactivement aux immeubles de grande hauteur construits après novembre 1967.

Pour le moment, conformément à l'article R.122-2, devenu R. 146-3, du code de la construction et de l'habitation, dans sa version en vigueur notamment du 19 septembre 2009 au 24 août 2019, les parcs de stationnement situés sous un immeuble de grande hauteur ne sont pas considérés comme faisant partie de l'immeuble lorsqu'ils sont séparés des autres locaux de l'immeuble par des parois coupe-feu de degré 4 heures ou REI 240 et qu'ils ne comportent au maximum qu'une communication intérieure directe ou indirecte avec ces locaux dans les conditions définies par le règlement de sécurité prévu à l'article R. 122-4, devenu R. 146-5 ;

- les parcs de stationnement privés résidentiels, non situés sous des bâtiments utilisés à d'autres fins, présentent également des risques d'incendie importants mais leurs usagers sont réputés connaître les sorties. La réglementation actuelle ne prévoit pas de dispositions particulières pour ces locaux. Là encore, la maîtrise de l'incendie dépendra de la rapidité avec laquelle les sapeurs-pompiers seront prévenus et pourront intervenir : la mission recommande donc, la mise en place avant le premier janvier 2024 dans tous les parcs de stationnement de ce type, neufs ou existants, de systèmes de détection automatique permettant, après confirmation d'un début d'incendie, d'alerter les sapeurs-pompiers suivant le mode de surveillance retenu. Elle recommande de plus la mise en place de systèmes d'extinction à eau alimentés par des colonnes horizontales sèches pour les parcs de stationnement neufs avec un compartimentage¹³⁸ adapté aux capacités du système d'extinction. Dans les parcs de stationnement existants, la mission conseille l'installation de tels systèmes. La mission attire l'attention sur le fait que ces dispositions ne permettront pas aux sapeurs-pompiers de maîtriser l'incendie dans tous les cas ;
- la mission considère que les points de recharge électrique normaux (d'une puissance inférieure ou égale à 22 kWh) peuvent être déployés dans l'ensemble des parcs de stationnement couverts. La mission recommande dans une démarche de précaution de limiter, pour le moment, le déploiement des points de recharge rapide au niveau de référence¹³⁹ ainsi qu'aux deux niveaux situés au-dessus et en-dessous de celui-ci pour les parcs couverts ERP, BUP et IGH et de limiter leur installation dans les parkings privés au niveau de référence et à l'intérieur de compartiments limités à quelques véhicules (de l'ordre de cinq à six) et bénéficiant d'une dispositif d'extinction automatique. Ces mesures de précaution pourront être réétudiées en vue d'une atténuation dans quelques années en fonction de l'analyse du fonctionnement des points de recharge rapide, et des incendies auxquels ils auront pu, ou non,

¹³⁸ Compartiment : le compartiment prévu à l'article C01.2 du règlement des ERP est un volume à l'intérieur duquel les exigences de résistance au feu relatives aux parois verticales ne sont pas imposées. Le degré coupe-feu varie d'1/2 heure à 1,5 heure et égal au degré de stabilité au feu exigé pour la structure (murs porteurs, poteaux...).

¹³⁹ Le niveau de référence s'entend comme le niveau d'accès des services de secours (article PS3). Le règlement de sécurité du 25 juin 1980 précise la notion d'accès des services de secours : celui-ci doit pouvoir s'effectuer à partir de voie engins (quand le plancher bas du dernier niveau accessible au public est à moins de 8 mètres au-dessus du sol - article C02-1) et à partir d'une voie échelle (quand le plancher bas du dernier niveau accessible au public >8 mètres - article C02-2). L'acceptation du niveau d'accès peut s'entendre également comme celui des usagers sous réserve que les services de secours y accèdent également. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000020303557>

conduire ;

- la mise en place de caméras thermiques permettant de détecter des points chauds et d'en mesurer la température est conseillée pour des installations de recharge rapide dépassant 50 kW (pour un véhicule) ainsi que pour des zones qui pourraient être considérées comme présentant des risques particuliers.
- i) Il est paradoxal de constater qu'aujourd'hui ce sont les incendies de batteries des engins mobiles électriques (vélo, trottinette, *hoverboard*...) qui conduisent aux conséquences les plus importantes en termes de vies humaines. Les engins mobiles électriques ne bénéficient pas des protections contre l'incendie présentes sur les batteries des véhicules électriques : en ce sens, la mission recommande que leur recharge, si elle doit intervenir dans des parcs de stationnement couverts, ouverts au public, soit effectuée dans des locaux spécifiques bénéficiant d'une protection incendie adéquate à l'image de celle instituée pour les locaux considérés comme à risques dans la réglementation des parcs de stationnement accueillant du public. Dans la réglementation actuelle des ERP¹⁴⁰, ces locaux bénéficient, pour un risque considéré comme moyen, de cloisons coupe-feu une heure et, pour un risque jugé important, de cloisons coupe-feu deux heures avec dans les deux cas une porte coupe-feu et un ferme-porte, ainsi que d'une détection automatique incendie avec asservissement pour l'alerte et la fermeture des ventilations haute et basse.. Les risques d'incendie liés au transport électrique.

¹⁴⁰ Voir articles CO 27 à 29 de l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).
https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000020304249

Annexe 2 . Les risques d'incendie liés au transport électrique

L'histoire du véhicule électrique n'est pas nouvelle : elle débute en effet au XIXe siècle avec la conception de différents prototypes fonctionnant à l'électricité, allant de la carriole à la locomotive. La batterie rechargeable de Gaston Planté en 1859, améliorée par Camille Faure en 1881, donne le coup d'envoi à la fabrication des premières voitures électriques et ce sera une voiture électrique la *Jamais contente* qui dépassera la première en 1899 le cap des 100 km/h avec une batterie au plomb de 650 kg, tandis que Ferdinand Porsche mettait au point la même année le premier véhicule hybride. La découverte de grands gisements pétroliers et la production en masse de la Ford T (1908) sonneront cependant le glas de l'ère électrique et l'avènement du véhicule thermique. Il faudra attendre les travaux de deux Américains et d'un Japonais, récompensés par le prix Nobel en 2019, pour impulser une nouvelle dynamique au stockage de l'électricité : Stanley Whittingham qui invente en 1976 le concept d'électrode positive à « intercalation » où les ions lithium viennent s'intercaler dans une structure - à l'époque le TiS_2 - qui ne contient pas *a priori* d'ions lithium puis John Goodenough qui, durant son séjour à Oxford, au début des années 1980, conçoit le dioxyde de cobalt et de lithium comme pouvant servir de matériau de cathode. Ce seront néanmoins les travaux du troisième lauréat du prix Nobel, le japonais Akira Yoshino, qui permettront à Sony la production en 1991 des premières batteries lithium ions et la mise en vente, révolutionnaire pour l'époque, du premier caméscope portable autonome. Si l'emploi de la batterie lithium ion se généralise dans la décennie qui suit pour les petits appareils électroniques en particulier les téléphones portables, il faudra attendre la décennie 2000-2010 pour voir apparaître les premiers véhicules électriques munis de batteries lithium ion de plusieurs dizaines de kWh, et dix ans supplémentaires pour aboutir à une réduction suffisante du prix de ces batteries et permettre ainsi un développement massif des véhicules électriques : les ventes annuelles de véhicules électriques dans le monde ont dépassé le cap du million en 2017 et sont désormais supérieures à six millions¹⁴¹. En France, les ventes de VE ont triplé de 2019 à 2020 et ont encore augmenté de 70 % de 2020 à 2021 : elles atteignent désormais en 2021 le chiffre de 310 000 soit 18,5 % des ventes.

Nous ne sommes cependant probablement qu'aux débuts de la mobilité électrique : le poids et le coût des batteries lithium ion devraient encore décroître significativement d'ici 2030, Une nouvelle génération de batteries, caractérisée par un électrolyte dit solide, pourrait également faire son apparition à moyen terme dans un premier temps sur des marchés de niche avant, éventuellement, de se généraliser. La composition des batteries pourrait également différer suivant leurs usages : véhicules réservés à l'urbain ou utilisés à longue distance avec recharges rapides plus fréquentes, poids lourds régionaux ou à longue distance ... Le développement de véhicules électriques avec une forte autonomie, celui des poids lourds (PL) électriques, la mise en place de bornes de recharges rapides le long des autoroutes sont donc très probables dans la prochaine décennie. Sous l'impulsion de l'Union européenne, la décennie actuelle devrait de plus voir apparaître un très grand nombre de fabricants de batteries en Europe.

Ce paragraphe traitera dans un premier temps des risques spécifiques associés aux batteries puis aux véhicules électriques légers, soulignera ensuite que ces risques ne sont pas plus élevés que pour les véhicules thermiques mais que le comportement au feu différent des véhicules électriques nécessite de prendre un certain nombre de précautions et de mesures de protections particulières. Il traitera ensuite d'autres catégories d'engins électriques (bus, PL, trottinettes ...).

¹⁴¹ Ce paragraphe est fortement inspiré du rapport de 2012 du Centre d'analyse stratégique et du Conseil général de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies, rédigé sous la direction de Jean Syrota, et intitulé : *La voiture de demain : carburants et électricité*. Le lecteur intéressé par l'historique du développement des batteries pourra s'y reporter. <http://archives.strategie.gouv.fr/cas/content/rapport-la-voiture-de-demain-carburants-et-electricite-0.html>

2.1 Les batteries électriques présentent des risques d'incendie, notamment de court-circuit et d'emballement thermique

Même si la composition des batteries a fortement évolué depuis quelques années et si la protection incendie a été fortement renforcée (notamment grâce au pilotage interne de la batterie), les batteries actuelles présentent encore des risques spécifiques d'incendie : le premier paragraphe décrit ainsi les risques de court-circuit et d'emballement thermique inhérents à la structure même des batteries actuelles tandis que le second revient sur les principales causes d'incendie de la batterie dans son ensemble.

2.1.1 Les batteries électriques présentent des risques de court-circuit et d'emballement thermique

Le fonctionnement d'une batterie lithium ion correspond de manière simplifiée à la circulation d'ions lithium entre les deux électrodes conduisant certains à comparer cette batterie à une chaise à bascule dans laquelle des ions lithium circuleraient dans un sens puis dans l'autre. De manière plus précise, ce fonctionnement batterie correspond à un stockage d'énergie sous forme chimique, puis sur sa libération, lors de la décharge, sous forme de courant électrique au cours de réactions électrochimiques dites d'oxydo-réaction. Les ions lithium se déplacent d'une électrode à l'autre au sein d'un électrolyte qui assure le passage des ions lithium mais qui interdit le passage des électrons.

Une batterie va généralement être composée de cellules comprises dans des modules eux-mêmes compris dans des packs ainsi que le montre la figure ci-dessous.

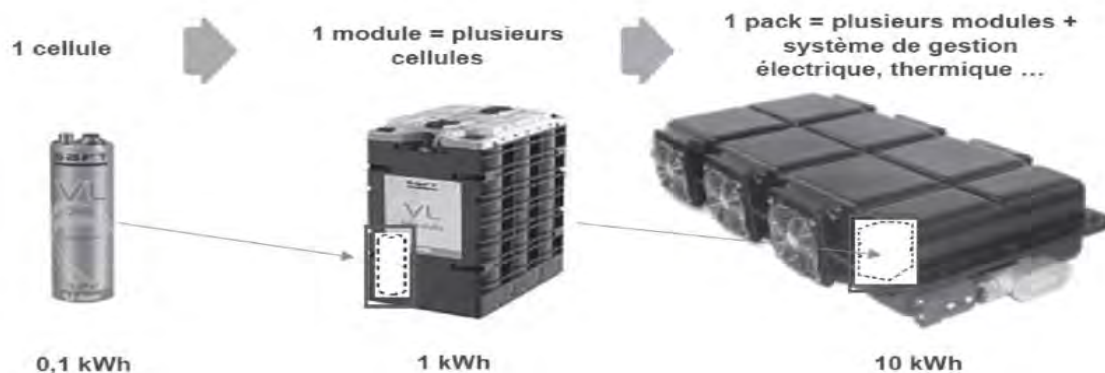


Figure 10 : décomposition d'une batterie en cellules, modules et pack¹⁴²

Indépendamment des problèmes liés aux câblages ou aux circuits électroniques, propres à toute installation électrique, les batteries peuvent donner lieu à deux phénomènes différents susceptibles de provoquer un incendie présentés ci-dessous :

- **le court-circuit.** La mise en contact des deux électrodes constitue l'un des principaux risques d'incendie des batteries lithium-ion. Elle peut provenir soit de l'introduction malencontreuse de particules métalliques au sein de l'accumulateur pendant sa fabrication, soit de l'accumulation d'ions lithium à la surface de l'électrode négative (ou anode) en phase de recharge allant jusqu'à la création d'une sorte de barreau transversal, plus communément appelé dendrite. La formation de dendrites peut se comprendre en première approximation comme une compétition entre la capacité de l'anode à absorber des ions et le nombre d'ions qui arrivent sur l'anode par unité de temps (autrement dit, le flux d'ions lithium, ou la densité

¹⁴² <http://books.openedition.org/pressesmines/docannexe/image/2241/img-1.png>

de courant). Ce phénomène peut être accentué par les conditions d'utilisation de la batterie : si la température de l'accumulateur devient trop basse (proche de zéro degré Celsius) lors de la charge, les réactions chimiques sont lentes, et les ions lithium auront tendance à s'accumuler à la surface de l'anode sous forme de dendrites¹⁴³. La formation de dendrites de lithium peut entraîner le percement du séparateur et l'apparition d'un court-circuit entre les deux électrodes. Suivant la conception de la batterie, ce court-circuit peut ne se traduire que par l'apparition d'un courant de forte intensité et par la fusion de la dendrite, supprimant ainsi le contact entre les deux électrodes : seule conséquence, le percement du séparateur conduit à un courant de décharge permanent de l'accumulateur, réduisant d'autant sa puissance. En revanche, dans d'autres cas, le court-circuit peut conduire à une augmentation de température qui entraîne la combustion de l'électrolyte et/ou provoque une réaction d'emballage thermique du matériau de la cathode ;

- **L'emballage thermique.** En cas de court-circuit mais aussi en cas d'apport de chaleur provenant d'une source extérieure, on peut assister au sein de la cathode au déclenchement d'une réaction exothermique dit d'emballage thermique : ce type de réaction, classique en chimie, conduit à une montée en température très rapide (plusieurs dizaines de degrés par minutes) et à une éjection de gaz inflammables et potentiellement toxiques sans nécessairement s'accompagner de flammes. Elle diffère ainsi d'un incendie qui nécessite de la chaleur, de l'oxygène et un combustible. Si l'un de ces trois éléments vient à manquer, l'incendie s'arrête. Au contraire, une réaction d'emballage thermique ne nécessite pas d'apport d'oxygène. Elle va donc conduire sur les véhicules électriques dans un premier temps à un dégagement de fumées blanches, correspondant à la vaporisation de l'électrolyte et, dans un second temps, à un embrasement du véhicule lorsque ces gaz auront rencontré une source d'inflammation : ce sont les images caractéristiques de l'incendie survenu sur un véhicule Tesla dans un parking à Shanghai en 2019¹⁴⁴ ;

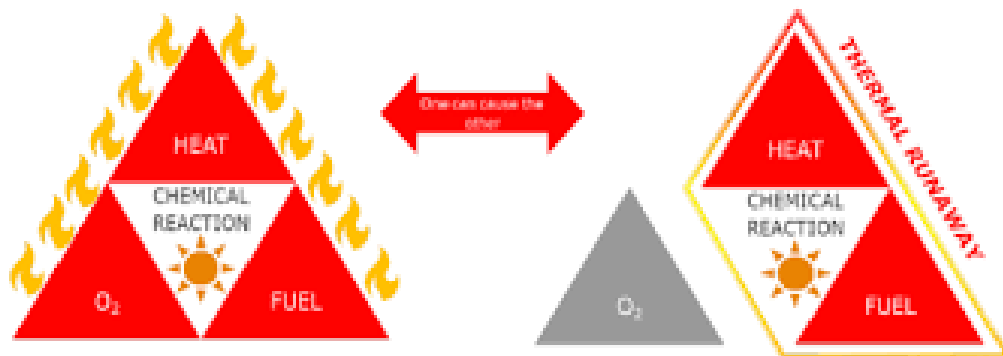


Figure 11 The fire triangle and its relationship to thermal runaway

Figure 11: Une réaction d'emballage thermique ne nécessite pas d'oxygène au contraire d'un incendie¹⁴⁵

Cette réaction d'emballage thermique va dépendre très fortement du type de cathode utilisée dans la batterie ainsi que de l'état de charge de la batterie qui va modifier le seuil de température à partir de laquelle la réaction se déclenche : une précaution pour limiter les risques d'incendie, utilisé en

¹⁴³ Voir en particulier C. T. Love, O. A. Baturina and K. E. Swider-Lyons, *Observation of Lithium Dendrites at Ambient Temperature and Below*, *Electrochemistry Letters*, vol. 4, pp. A24-A27, 2015.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2.0041502eel>

¹⁴⁴ Voir par exemple : <https://www.businessinsider.com/tesla-model-s-fire-explosion-shanghai-parking-garage-2019-4?r=US&IR=T>

¹⁴⁵ *McMicken Battery Energy Storage System Event Technical Analysis and Recommendations*, Arizona Public Service, DNv-GL, July 18, 2020, <https://coaching.typepad.com/files/mcmicken.pdf>

particulier dans le transport aérien des batteries, mais aussi par certains constructeur de batteries (LG Chem) confrontés à un défaut de conception consistera dès lors à limiter la charge de la batterie. Comme le montre la figure suivante, une batterie utilisant l'oxyde de cobalt à la cathode peut conduire à un emballement thermique lorsque la température dépasse 180 °C.

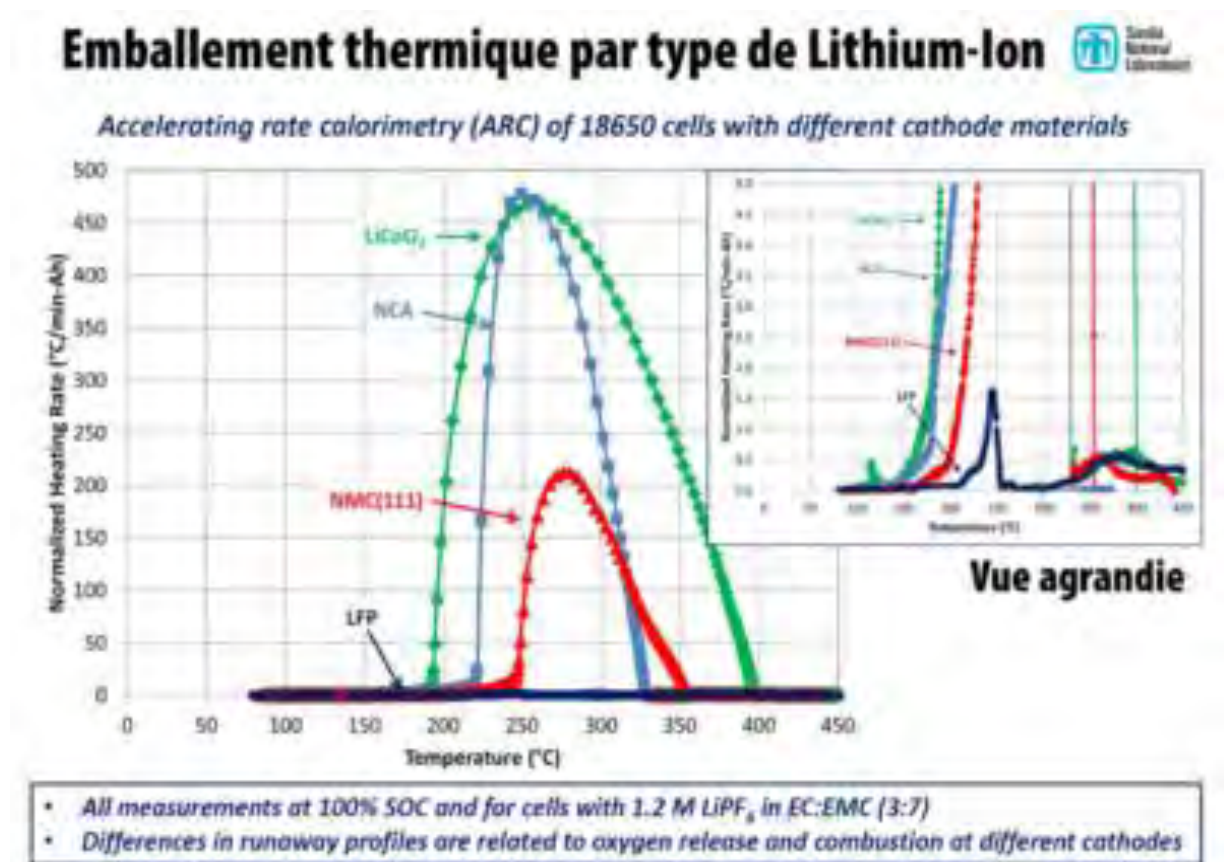


Figure 12 : Montée en température d'une réaction d'emballement thermique en fonction du matériau présent à la cathode¹⁴⁶

À l'inverse, la technologie reposant sur l'utilisation de phosphate de fer limite très fortement ce risque car la réaction n'intervient qu'à plus de 200 °C et n'est que très peu exothermique ; les autres technologies lithium-ion (NCA, NMC ou lithium-manganèse sous forme spinelle) sont dans une situation intermédiaire : le seuil de température à partir duquel la réaction se produit est plus élevé, mais celle-ci peut néanmoins advenir.

Ces deux événements se produisent bien souvent de façon concomitante : un court-circuit va entraîner une décharge très rapide et une réaction d'emballement thermique, tandis qu'une réaction d'emballement thermique va conduire très rapidement à la fusion du séparateur et à un court-circuit.

Ils peuvent également ne pas survenir même si le véhicule est en feu : plusieurs compte rendus d'essais, notamment réalisés par le laboratoire central de la Préfecture de Paris, le LCPP¹⁴⁷, montrent qu'un début d'incendie sur le véhicule ne se propage pas forcément à la batterie ou atteint celle-ci qu'après plusieurs dizaines de minutes. L'exemple le plus typique est celui de l'incendie survenu sur un bus

¹⁴⁶ Voir notamment <https://www.powertechsystems.eu/fr/home/technique/la-securite-des-batteries-lithium-ion/> ainsi qu'une présentation du Sandia National Laboratory : <https://www.osti.gov/servlets/purl/1810705> NB : la mention 1,2 M LiPF₆ in EC:EMC(3:7) désigne un électrolyte composé d'hexafluorophosphate de lithium LiPF₆ dans une solution de carbonate d'éthylène (EC) et de carbonate d'éthyl méthyl (EMC). (SOC for state of charge)

¹⁴⁷ Etude de l'impact de feu de véhicules électriques (Renault) sur les intervenants des services de secours, LCPP, avril 2012 <http://iuvsdis86.net/wp-content/uploads/2015/09/Rapport-LCPP-essais-feu-VE-2012.pdf>

hybride à Shenzhen en 2016 dans lequel la batterie est restée intacte¹⁴⁸.

2.1.2 Les batteries électriques présentent des risques spécifiques vis-à-vis du risque incendie

Plusieurs travaux de recherche listent les différentes causes possibles des incendies provoqués par les batteries et les véhicules électriques et les analysent en détail¹⁴⁹. Ce paragraphe n'en présentera que quelques-unes :

- a) les défauts de fabrication des batteries conduisant à des courts-circuits et à des réactions d'emballement thermique. Ces défauts ont été fréquents sur les téléphones et ordinateurs portables dans les années 2000-2010 : Sony a ainsi rappelé en 2006 environ 10 millions de batteries contenues dans des ordinateurs portables, et, en 2007, Nokia a rappelé 46 millions de batteries à la suite d'un incident survenu aux Philippines sur un téléphone portable. Ces incidents sont aujourd'hui beaucoup moins fréquents sur ce type d'appareil et traduisent les progrès effectués à la fois dans les chaînes de fabrication mais aussi dans la conception des appareils. Ils peuvent se produire cependant aujourd'hui sur les véhicules électriques : c'est en particulier l'exemple récent des batteries LG Chem qui ont donné lieu à 13 départs de feu lors d'opérations de recharge de 2019 à 2021¹⁵⁰. General Motors a dès lors rappelé les 110 000 Chevrolet Bolt qu'il avait vendus entre 2017 et 2021 pour procéder à un changement de batteries. Hyundai, qui utilisait les mêmes batteries, a effectué un rappel semblable sur 82 000 véhicules (dont 75 000 Kona électriques). Au total, LG Chem a ainsi dû déboursier plus de quatre milliards de dollars pour procéder au remplacement de ses batteries défectueuses. Il est à noter que dans la période précédant le rappel effectif, *General Motors* a conseillé aux propriétaires de Chevrolet Bolt de garer leur véhicule à l'air libre, de ne pas les charger durant la nuit, de limiter la charge de leur batterie à 90 % de sa capacité et de les recharger juste après leur utilisation sans attendre que la batterie ne soit presque vide. Hyundai a recommandé aux propriétaires de ses véhicules de ne pas les charger à plus de 80 % et de les charger à l'extérieur¹⁵¹. En parallèle, la *National Highway Traffic Safety Administration*, la NHSTA, a ouvert en septembre 2020 une enquête sur l'origine de ces incendies¹⁵² lorsque deux incendies lui ont été rapportés et a publié le 14 juillet 2021 une alerte à l'intention des propriétaires des Chevrolet Bolt achetés aux États-Unis depuis 2017 en leur recommandant de garer leur véhicule en dehors et à distance de leur maison¹⁵³. En janvier 2022, avant le lancement de son augmentation de capital, destinée notamment à construire de nouvelles usines, LG Chem a

¹⁴⁸ *A mixed energy public bus caught on fire in Shenzhen*. He X. Inewenergy 2016.

<http://www.inewenergy.com/news/guonei/031G0162016.html> .

¹⁴⁹ On peut citer notamment : *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*, Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren, RISE Report 2019,

https://www.researchgate.net/publication/336640117_Fire_Safety_of_Lithium-Ion_Batteries_in_Road_Vehicles ainsi que *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*, P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020)

<https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>

¹⁵⁰ L'origine des incendies pourrait être due à la concomitance de deux défauts « une languette d'anode déchirée et un séparateur plié » : ces deux défauts résulteraient d'un dysfonctionnement de la machine produisant les cellules. Voir notamment <https://arstechnica.com/cars/2021/08/misaligned-factory-robot-may-have-sparked-chevy-bolt-battery-fires/> et dans une traduction française <https://www.oxtero.com/2021/08/25/un-robot-dusine-mal-aligne-peut-avoir-declenche-des-incendies-de-batterie-chevy-bolt/>

¹⁵¹ Voir l'article du Washington Post : <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/08/04/tesla-fire/>

¹⁵² <https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2020/INOA-PE20016-7505.PDF>

¹⁵³ Voir notamment <https://www.nhtsa.gov/press-releases/recall-all-chevy-bolt-vehicles-fire-risk> et <https://www.nhtsa.gov/press-releases/consumer-alert-important-chevrolet-bolt-recall-fire-risk>

présenté les mesures qu'il allait mettre en œuvre à la suite de cet incident¹⁵⁴ ;

- b) la surcharge de la batterie. L'une des causes les plus fréquentes de départ d'incendie résulte de la poursuite de la charge au-delà de sa pleine capacité : elle peut être due à l'utilisation d'un chargeur non prévu à cet effet, à une tension de recharge excessive ou à l'emploi d'un chargeur inadapté. Dans ce cas, les ions lithium s'accumulent à l'extérieur de l'anode et forment une dendrite qui peut percer le séparateur et provoquer un court-circuit. C'est l'un des défauts les plus simples à corriger : le suivi de la tension aux bornes de la cellule doit en effet permettre d'arrêter la charge à la fin de celle-ci (et même de la ralentir au fur et à mesure de sa progression). De fait, comme le souligne l'Ineris¹⁵⁵, l'une des pièces principales des batteries réside dans le système de gestion de la batterie et de ses différents éléments. Son absence ou sa défaillance peuvent conduire à l'incendie. La même publication de l'Ineris donne ainsi plusieurs exemples d'accidents dont il est possible qu'ils soient liés à une défaillance ou à un mauvais paramétrage du BMS : il cite ainsi l'exemple de l'incendie d'un bus électrique à Shenzhen en avril 2015 où l'absence de détection de la fin de la charge par le BMS a conduit à une surcharge, à un emballement thermique et à l'incendie du véhicule.

Notons également que des anomalies peuvent également se produire, en cas de décharge excessive¹⁵⁶ mais là encore le BMS doit prévenir ce type d'anomalie.

Si la réglementation actuelle prévoit un haut niveau de sécurité dans les batteries des véhicules électriques pour prévenir les risques de court-circuit - ce qui conduit à la mise en place d'une gestion électronique de la batterie particulièrement rigoureuse (BMS) -, ce n'est pas toujours le cas sur les petites batteries que l'on trouve par exemple sur les trottinettes ou les vélos électriques et qui peuvent donner lieu à des feux notables, comme nous le verrons également ci-dessous ; la publication de l'Ineris cite également les incendies observés sur des stockages stationnaires : ils bénéficient au contraire d'un BMS très élaboré, mais qui doit gérer un très grand nombre de cellules ;

- c) les risques liés à l'humidité : ce risque est assez faible en parking couvert. Comme tout système électrique, les batteries craignent l'humidité et la présence d'eau. En cas de manque d'étanchéité, les batteries mais aussi l'ensemble des connexions électriques présentes dans le véhicule peuvent donner naissance à un incendie : après un violent orage (Guangzhou, 31 Août 2018) : une Lifan 650 kW aurait ainsi « trempé dans de l'eau de pluie pendant plus de 2 heures », ce qui a entraîné une micro-fuite de la batterie. L'eau se serait déversée dans la batterie et aurait conduit à son embrasement¹⁵⁷. Aux États-Unis, un rappel des premiers modèles d'Audi e-tron livrés a été effectué en raison d'un joint défectueux : l'humidité s'infiltrait dans la batterie¹⁵⁸. La présence d'humidité entraînant un arc électrique et un incendie est également une cause possible des incendies observés sur les stockages stationnaires de batteries comme nous le verrons plus loin ;

¹⁵⁴ LG Chem a présenté quatre mesures consistant à : a) utiliser un nouveau procédé de découpe des différents éléments des cellules, b) à utiliser de préférence des cellules cylindriques qui comportent des soupapes permettant d'évacuer les gaz produits par la réaction au lieu d'enveloppes plastiques flexibles entourant les cellules sans soupapes ce qui peut conduire à une montée en pression, un échauffement thermique et à l'emballement thermique de la cellule, c) utiliser pour les systèmes stationnaires des cellules LFP qui présentent moins de risque d'emballement thermique, d) utiliser enfin des séparateurs plus résistants. Voir notamment : <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20220120000703>

¹⁵⁵ *Rôles des Systèmes de Gestion de Batterie (Battery Management System) dans la sécurité des packs*, Ineris - 07/09/2020, <https://www.ineris.fr/fr/roles-systemes-gestion-batterie-battery-management-systems-securite-packs>

¹⁵⁶ *Electrical Safety of Commercial Li-Ion Cells Based on NMC and NCA Technology Compared to LFP Technology*, M. Brand, S. Gläser, J. Geder, S. Menacher, S. Obpacher, A. Jossen and D. Quinger, World Electric Vehicle Journal, vol. 6, pp. 1-9, 2016.

¹⁵⁷ *EV century. Lifan 650EV spontaneously ignited*. GaoGong EV Web 2018. <http://www.gg-ev.com/asdisp2-65b095fb-26641-.html> Le site précise qu'après l'immersion, le client n'a pas pris l'initiative de contacter la station-service pour inspection du véhicule.

¹⁵⁸ <https://revueautomobile.ch/2019/12/11/le-feu-lautre-ennemi-des-voitures-electriques/>

- d) Les risques de choc : autre cause d'incendie possible, celui d'un accident entraînant un endommagement externe de la batterie et pouvant entraîner un début d'incendie plusieurs heures après l'événement initiateur. Cette cause concerne non seulement les véhicules électriques, mais aussi tous les engins électriques mobiles de petite taille avec des batteries amovibles qui peuvent, par exemple, tomber par terre lors d'une manipulation. Ce risque trouve en particulier son application dans un choc entraînant le déclenchement des airbags : cet événement entraîne soit un contrôle approfondi de la batterie pour certains constructeurs, soit son remplacement automatique pour d'autres¹⁵⁹.

Le choc peut également provenir de l'endommagement du bas de la caisse et de la batterie par un objet présent sur la chaussée : à la suite de deux accidents de ce type survenus en 2013¹⁶⁰, Tesla a décidé de renforcer la protection de la partie inférieure de la batterie en ajoutant à partir de mars 2014 une plaque de titane¹⁶¹ sur ses nouveaux véhicules – ce qui a conduit la NHSTA à clore l'enquête qu'elle avait lancée sur le sujet¹⁶².

Dans ces conditions, il est naturellement déconseillé de placer un véhicule électrique accidenté dans une fourrière située dans un parc de stationnement couvert, comme l'a montré l'incendie survenu sur une BMW en juillet 2017, une quinzaine d'heures après son placement en fourrière, dans un parc de stationnement souterrain à Issy les Moulineaux¹⁶³ ;

- e) l'utilisation de courants de charge de plus en plus puissants : le développement du 800 V dans les véhicules électriques va permettre des recharges (principalement sur autoroutes à des puissances supérieures à 200 kW. De telles puissances sont parfaitement gérables, mais elles renforcent le risque d'incendie en cas de défaut sur le câblage ou sur la connectique. Une intervention des secours sur un véhicule endommagé nécessitera dès lors de s'assurer de la coupure du courant.

L'une des principales causes des incendies de véhicules, thermiques aussi bien qu'électriques, reste malheureusement l'incendie d'origine criminelle : le risque de feu, même si sa probabilité doit être réduite au maximum, ne peut donc être écarté. Il doit d'autant plus être pris en considération que la multiplication des usines productrices de batteries en Europe, plus de 20 sont annoncées, s'accompagnera forcément, comme l'exemple de LG Chem nous l'a montré, d'un certain nombre de défauts de fabrication non détectés à la fabrication.

2.2 Les véhicules électriques présentent un risque comparable à celui des véhicules thermiques

Ce paragraphe compare les risques d'incendie des véhicules électriques par rapport aux véhicules électriques tant en termes de probabilité d'occurrence que de gravité. Il montre que ces risques sont comparables. Le comportement au feu des véhicules électriques est néanmoins différent.

2.2.1 Au total, les statistiques étrangères montrent une probabilité d'incendie moins élevée pour les véhicules électriques que pour les

¹⁵⁹ Voir notamment <https://gettotext.com/expensive-exchange-does-the-battery-always-have-to-be-removed-after-the-airbag-has-been-deployed/> et <https://www.autoplus.fr/environnement/vehicules-electriques-ne-bruleraient-plus-thermiques-selon-etude-535625.html#item=1>

¹⁶⁰ Voir notamment <https://www.tesla-mag.com/dossier-exclusif-tesla-fire-tesla-en-feu/> et <https://electrek.co/2013/10/02/tesla-model-s-on-fire-caught-on-tape/>

¹⁶¹ <https://www.theverge.com/2014/3/28/5557092/tesla-adds-titanium-shield-to-model-s-to-prevent-battery-fires>

¹⁶² <https://news.yahoo.com/feds-close-investigation-tesla-battery-fires-134526877--finance.html>

¹⁶³ Source : Q-Park

véhicules thermiques et légèrement supérieure pour les véhicules hybrides

Les incendies de véhicules électriques sont listés sur plusieurs sites sur Internet et chacun peut voir les nombreuses vidéos montrant des feux et des départs de feu intervenant sur des véhicules électriques. Cependant, au-delà des images parfois impressionnantes et des analyses précédentes, force est de constater que les statistiques conduisent à relativiser très fortement ce risque. Afin de disposer d'éléments, la mission a interrogé l'ensemble des SDIS qui ont fait remonter qualitativement les incendies connus pour lesquels une cause afférente à un véhicule électrique avait été identifiée et ce, quel que soit le type véhicule électrique :

- première constatation : le risque d'incendie est non négligeable dans le cas des véhicules thermiques : les statistiques américaines¹⁶⁴ montrent un nombre important de véhicules brûlés aux États-Unis chaque année, de l'ordre de 175 000 à 200 000 chaque année, en forte baisse cependant : ce nombre était supérieur à 400 000 durant la décennie 1980 – 1990. Les feux de véhicules (y compris en parking) sont assez fréquents également en Europe : il brûlerait ainsi chaque jour en moyenne environ 40 à 50 véhicules en Allemagne et 150 en France suivant les indicateurs nationaux des services d'incendie et de secours (INSIS¹⁶⁵). Pour autant, les statistiques nationales élaborées à partir des statistiques transmises par les SDIS à la DGSCGC ne permettent pas d'identifier les incendies de véhicules électriques au sein des incendies de véhicules. Au niveau central, les sociétés d'assurance ne disposent pas de statistiques nationales relatives aux incendies de véhicules électriques ;
- il existe désormais plus de 2,5 millions de véhicules Tesla électriques circulant dans le monde et se rechargeant dans des parkings souterrains sans qu'ils aient été à l'origine d'un feu important. (Signalons cependant l'incendie limité à un véhicule survenu dans un parking des Champs Élysées fin décembre 2021). De fait, les chiffres publiés par Tesla¹⁶⁶ montrent qu'un incendie interviendrait en moyenne tous les 205 millions de miles (320 millions de kilomètres) par l'un de ses véhicules : le nombre d'incendies serait dix fois plus élevé pour un véhicule thermique. Ceci rejoint les résultats de l'association Pinfa (*Phosphorous, Inorganic and Nitrogen Flame Retardants Association*) qui trouve 55 incendies par milliard de miles parcourus par des véhicules thermiques comparé à 5 incendies pour les véhicules électriques ;



Figure 13 : Nombre de départs de feu aux États-Unis en 2020 pour des véhicules électriques, hybrides ou thermiques en valeur absolue et en proportion du nombre de véhicules de chaque catégorie vendus. Source AutoinsuranceEZ¹⁶⁷

¹⁶⁴ <https://www.statista.com/statistics/377006/number-of-us-highway-vehicle-fires/> NB : cette statistique concerne les véhicules pouvant circuler sur autoroute.

¹⁶⁵ Ainsi pour 2020, 48 424 incendies de véhicules soit 132/jour en recul de 14% par rapport à 2019. Pour 2019, 56 191 incendies soit 154/jour, et pour 2018, 53588 soit 146/jour. Il conviendrait de retirer des cumuls annuels les journées très particulières du 31 décembre et du 1er janvier

¹⁶⁶ Voir <https://www.idtechex.com/en/research-article/ev-fires-less-common-but-more-problematic/25749>

¹⁶⁷ <https://insideevs.com/news/561549/study-evs-smallest-fire-risk/>

- en s'appuyant sur les statistiques du NSTB, du bureau des statistiques des transports (BTS) et du site officiel sur les rappels automobiles le groupe Autoassurance EZ montre¹⁶⁸ que la probabilité d'incendie d'un véhicule électrique est nettement plus faible aux États-Unis que celle d'un véhicule thermique. Les voitures à moteur thermique ont déclenché 199 533 incendies en 2020 aux États-Unis, contre 16 051 pour les hybrides, et seulement 52 pour les véhicules électriques. Par rapport aux ventes de ces différents types de véhicules, il s'est donc produit 25 incendies pour 100 000 véhicules électriques soit un chiffre très inférieur à celui des véhicules thermiques : 1 529 départs de feux pour 100 000 véhicules thermiques vendus. En revanche, les véhicules hybrides ont conduit à un nombre supérieur d'incendies : 3 474 incendies pour 100 000 véhicules hybrides vendus. La *National Fire Prevention Association* américaine (NFPA) va dans le même sens en soulignant que les feux de voitures ont compté pour 15 % du total des incendies enregistrés aux USA en 2020 alors que les incendies de véhicules électriques ont représenté 0,02 % des incendies sur le sol américain (soit un peu plus de 0,1 % des incendies de véhicules)¹⁶⁹. Les chiffres donnés par Tesla et représentés sur la figure ci-dessous montrent également un rapport d'un à dix dans le nombre d'incendies survenant sur un milliard de miles parcourus entre un véhicule Tesla et un véhicule américain moyen.

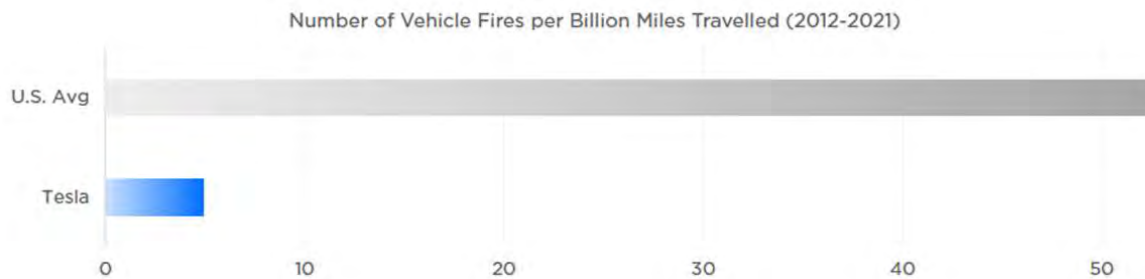


Figure 14 : nombre d'incendies par milliard de miles parcourus en moyenne pour les véhicules américains (53) et pour les véhicules Tesla (5). Source : Tesla

En exploitant les seules données du NSTB relatives aux départs de feux après collision (ayant entraîné un décès), le même rapport montre que les véhicules électriques ne déclencheraient pas plus d'incendies à la suite d'un choc que leurs homologues thermiques : 2,44 % dans le cas des véhicules électriques (un incendie sur 41 accidents avec décès), 3,17 % sur les véhicules thermiques (644 départs de feu sur 20 315 accidents mortels) et 2,21 % sur des véhicules hybrides (12 départs de feu sur 543 accidents avec décès). Soulignons cependant la fragilité de ces chiffres, obtenus sur de faibles échantillons, pour les véhicules hybrides et électriques : un départ de feu supplémentaire constaté aurait en effet conduit à placer les véhicules électriques en tête des statistiques. Ces chiffres sont donc à prendre avec prudence et en ordre de grandeur ;

- le nombre de véhicules électriques rappelés aux États-Unis en 2020 pour risque d'incendie (184 100) est élevé : Hyundai a rappelé 82 000 exemplaires du Kona électrique, Chevrolet, 70 000 Bolt. Chrysler 27 600 Chrysler Pacifica hybrides et 4 500 modèles divers hybrides. Mais, l'étude menée par AutoInsuranceEZ montre qu'il est inférieur à celui de chacune des trois voitures thermiques ayant subi le plus de rappels : « Hyundai a ainsi rappelé 430 000 Elantra

¹⁶⁸ Voir notamment <https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2022/03/02/electric-car-fire-risks-look-exaggerated-but-more-data-required-for-definitive-verdict/?sh=2922b59c2327> et <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-le-risque-accru-dincendie-est-bien-un-mythe/>

¹⁶⁹ <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-le-risque-accru-dincendie-est-bien-un-mythe/> NB : en 2020, il existait un peu plus de 2 millions de véhicules électriques aux Etats-Unis pour un parc de 200 millions de véhicule soit un rapport de 1 à 100).

pour un souci de court-circuit. Kia a rapatrié 308 000 Cadenza et Sportage dans ses ateliers, et Honda a revu 250 000 Odyssey »¹⁷⁰ ;

- les probabilités comparées de départ de feu sur des véhicules à l'arrêt en charge ou hors charge, en parking ou à l'extérieur ne sont cependant pas données dans les statistiques américaines ou allemandes. L'étude du Rise sur la recharge des véhicules électriques en parking en Norvège indique cependant qu'il n'existe pas d'indice montrant que la recharge des véhicules électriques dans des garages conduise à un accroissement de la probabilité d'incendie¹⁷¹. Seul un expert, Vincente Man¹⁷², souligne que selon les statistiques 50 à 60 % des feux intervenant sur des véhicules électriques se produiraient dans des garages mais il ne cite pas ses sources. La *Swedish Civil Contingencies Agency* donne des statistiques, qui portent malheureusement sur les années 2011-2014 : elles font état de 2 000 feux de véhicules en moyenne chaque années en Suède, de 40 feux intervenant dans des garages à plusieurs étages ou de grande étendue et d'un seul incendie résultant d'un véhicule électrique en charge¹⁷³. Dans les éléments transmis à la mission, Tesla indique que de 2012 à 2021, il y a eu environ 0,5 incendie se produisant sur une Tesla en charge par milliard de miles parcourus ce qui représente, en ordre de grandeur, environ un incendie pour dix millions de charges effectuées¹⁷⁴ ;
- comme le souligne la réponse du service économique de l'Ambassade de France à Berlin, l'Association allemande des assurances (GDV) a récemment (mars 2021) « acquitté » les voitures électriques et les hybrides rechargeables : selon un communiqué de presse de l'association, les véhicules électriques ne présentent pas un risque de sécurité plus grand que les véhicules à essence ou diesel. « D'après nos statistiques, rien ne prouve que les véhicules électriques brûlent plus fréquemment que les voitures à moteur à combustion », explique Alexander Küsel de la GDV. En raison de leur carburant combustible, les voitures à moteur à combustion ont même d'après la GDV une charge d'incendie plus élevée que les véhicules électriques. Cette prise de position est intervenue alors que certaines municipalités (Kulmbach et Leonberg) avaient de leur propre chef interdit aux voitures électriques de stationner dans les parkings souterrains. L'association s'est fermement opposée à de telles mesures, arguant que « la fermeture des parkings souterrains aux véhicules électriques serait un pas en arrière dans l'expansion de la mobilité électrique en Allemagne ». La GDV donne de plus un certain nombre de recommandations, listées dans l'encadré ci-dessous, pour une protection efficace contre les incendies. Une étude de l'assureur Allianz¹⁷⁵ indique, pour sa part, que, « sur une moyenne annuelle d'environ 15 000 voitures qui brûlent dans le pays, les véhicules électriques représenteraient seulement un nombre à deux chiffres. Et en règle générale, les voitures électriques en feu peuvent être éteintes avant que la batterie ne s'enflamme également. Toutefois, il faut certainement relativiser ce nombre car les voitures électriques représentent encore – pour le moment – une partie plus infime du parc automobile » ;

¹⁷⁰ <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-le-risque-accru-dincendie-est-bien-un-mythe/>

¹⁷¹ « Based on the findings from statistics and a literature review, there were no indications that charging of electric cars in parking garages would result in an increased probability of fire », *Charging of electric cars in parking garages* » Are W. Brandt and Karin Glansberg, RISE-report 2020 :30., <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2020/report-2020-30-charging-of-electric-cars-in-parking-garages.pdf>

¹⁷² https://www.pinfa.eu/wp-content/uploads/2021/01/Pinfa_Newsletter_Issue_120_pinfa-e-mobility_2020.pdf

¹⁷³ Voir sur ce point p 51 : *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*, Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren, RISE Report 2019,

https://www.researchgate.net/publication/336640117_Fire_Safety_of_Lithium-Ion_Batteries_in_Road_Vehicles : et p 37 : *Risks Associated with Alternative Fuels in Road Tunnels and Underground Garages*, J. Gehandler, P. Karlsson and L. Vylund, " SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2017.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1081095/FULLTEXT01.pdf>

¹⁷⁴ En prenant arbitrairement un chiffre de 200 km par charge.

¹⁷⁵ <https://www.byri.net/2021/09/24/electric-vehicles-are-they-really-more-prone-to-fires/>

Les recommandations de l'association allemande des assurances (mars 2021) pour une protection efficace contre l'incendie associée au déploiement de bornes de recharge dans les parcs de stationnement

- l'accès des pompiers à la propriété et au parking souterrain devrait être facilement possible ;
- la borne de recharge doit être placée dans un endroit facilement accessible, par exemple près de l'entrée ou de la sortie ;
- en aucun cas, les véhicules défectueux ne doivent être garés dans un garage fermé ;
- les systèmes d'alarme incendie et de gicleurs ou un approvisionnement adéquat en eau d'extinction peuvent empêcher le feu de se propager rapidement aux véhicules voisins ;
- les bornes de recharge doivent être installées à une distance suffisante des façades isolées avec du polystyrène ;
- les matières inflammables ne doivent pas être entreposées près des bornes de recharge.

Source : Service économique régional de Berlin

- statistiquement, le rappel massif de véhicules effectué par General Motors et Hyundai correspond, en ordre de grandeur, à 10 incendies pour 100 000 véhicules vendus. Sur un parc de 40 millions de véhicules (représentant le parc français), ceci aurait conduit à 4 000 incendies sur plusieurs années. Ce chiffre est significatif mais nettement inférieur au nombre de véhicules thermiques qui brûlent chaque année en France : plus de 100 000 (dont une bonne partie est liée à des incendies d'origine criminelle) ;
- ce faible nombre d'incendies relatifs aux véhicules électriques est également souligné par les acteurs français. En 2021, 1 067 000 charges (réussies au sens de l'AFIREV) ont été réalisées sur les bornes exploitées par IZIVIA, filiale 100 % EDF : aucun incendie n'a été constaté à l'occasion d'une recharge en 2021. Comme nous le verrons plus loin, deux cas de départ possible de feu dans le réseau IZIVIA ont été constatés sur le réseau Corri-door en 2020, l'humidité ayant entraîné un court-circuit au niveau des spires du transformateur interne à la borne. Dans les deux cas, les protections se sont activées, ce qui a permis de limiter les dégâts à la borne elle-même. Q-Park indique qu'au moment de sa réponse (mars 2021), il n'a pas eu à déplorer de départ de feu sur les véhicules électriques en charge ou en simple stationnement sur ses parcs. TotalEnergies exploite 8 800 bornes de recharge depuis plusieurs années pour certaines et n'a constaté qu'un seul incendie¹⁷⁶.

En conclusion il apparaît que :

- le nombre d'incendies de véhicules électriques est nettement inférieur à celui des véhicules thermiques, mais il est plus élevé pour les véhicules hybrides ;
- le risque d'incendie ne peut être écarté, ne serait-ce qu'en raison des incendies d'origine criminelle, et, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, le comportement au feu des véhicules électriques est différent de celui des véhicules thermiques : l'extinction est en effet plus longue et plus complexe ;
- le rappel des véhicules présentant un risque incendie constitue un élément important de la protection incendie aussi bien pour les véhicules thermiques que pour les véhicules électriques. Dans le cas des véhicules électriques, la limitation de la recharge à un pourcentage de la capacité totale peut constituer une mesure provisoire. Les constructeurs sont les

¹⁷⁶ <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/saint-etienne-de-montluc-44360/au-nord-de-nantes-incendie-impresionnant-dans-une-concession-de-camping-cars-8c0b8008-f2e6-11eb-9bf7-159880d24f40>

premiers à avoir intérêt à effectuer ce rappel ou/et ces modifications pour leur image de marque et pour éviter les conséquences de possibles incendies. La mission recommande cependant qu'à l'image de la surveillance effectuée par le NSTB aux États-Unis, des analyses des incendies qui pourraient se produire de manière répétée sur certains types de véhicules soient menées afin de s'assurer que les constructeurs prennent les mesures adéquates. Cette mesure paraît d'autant plus importante que le nombre d'usines de fabrication de batteries devrait nettement augmenter dans les prochaines années en Europe – ce qui entraînera forcément des défauts de fabrication qui ne seront pas décelés par les contrôles réalisés dans l'usine de fabrication - et que, comme le montrent les exemples de *General Motors*¹⁷⁷ et du constructeur chinois *WM Motor*¹⁷⁸, les rappels effectués par les constructeurs doivent parfois être étendus à un plus grand nombre de véhicules et peuvent ne pas être suffisants – ce qui oblige à procéder à un deuxième rappel ;

- aucun incendie n'a été attribué aujourd'hui au vieillissement des batteries : ce risque (en particulier l'apparition de dendrites sur certains types de batteries) ne peut cependant être écarté ce qui renforce encore l'intérêt de l'analyse des incendies intervenant sur des véhicules électriques ;
- il n'existe pas de statistiques disponibles en France aujourd'hui sur le nombre de départs de feux constatés sur des véhicules électriques (en charge ou non, en circulation ou à l'arrêt en lieu clos ou ouvert) : un tel outil serait pourtant essentiel pour adapter la réglementation à la réalité du risque incendie lié aux véhicules électriques et pour anticiper les mesures à mettre en œuvre sur un plan opérationnel.

2.2.2 L'énergie et le débit calorifique maximal dégagés par l'incendie d'un véhicule électrique sont comparables en ordre de grandeur à ceux d'un véhicule thermique actuel

Un incendie peut être caractérisé par l'énergie calorifique mise en jeu. Deux principaux paramètres vont en rendre compte : l'énergie calorifique totale dégagée et le débit calorifique maximal observée (autrement dit l'énergie calorifique instantanée maximale (ou la puissance calorifique maximale) dégagée) qui traduit, de manière plus tangible, la violence du feu. Les documents consultés par la mission montrent que ces deux paramètres sont sensiblement du même ordre de grandeur pour les véhicules électriques et les véhicules thermiques. Les lignes suivantes, fortement inspirées de l'analyse des incendies de batteries des véhicules électriques parue en 2020¹⁷⁹, permettent de mieux comprendre cette équivalence :

- **a) l'énergie calorifique** : l'énergie calorifique relâchée lors de l'incendie d'une batterie au lithium va être d'autant plus importante (en règle générale) que l'énergie emmagasinée sera plus forte. En première approximation et en ordre de grandeur, l'énergie calorifique dégagée est de l'ordre de 5 à 10 fois¹⁸⁰ la valeur de l'énergie électrique contenue dans la batterie. Ainsi, pour une batterie de 90 kWh, l'énergie dégagée serait de l'ordre de 1,4 à 2,9 GJ¹⁸¹.

Dans le même temps, l'incendie d'un réservoir de 60 litres d'essence d'un véhicule thermique

¹⁷⁷ <https://www.aljazeera.com/economy/2021/8/23/skoreas-lg-chems-shares-hammered-on-gm-bolt-recall>

¹⁷⁸ <https://pandaily.com/another-wm-motor-ex5-vehicle-catches-fire-in-hainan/>

¹⁷⁹ *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*, P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020) <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>

¹⁸⁰ Ces valeurs sont citées par le même article en page 9 et proviennent de la référence suivante : *Comprehensive calorimetry of the thermally-induced failure of a lithium ion battery*. Liu X, Stolarov SI, Denlinger M, Masias A, Snyder K. *Journal of Power Sources* 2015;280:516–25. doi:10.1016/j.jpowsour.2015.01.125. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877531500141X>

¹⁸¹ Un kilowattheure (kWh) vaut 3 600 000 joules (J) ; un gigajoule (GJ) vaut un milliard de joules.

conduit à une énergie égale à $60 \text{ l} \times 47 \text{ MJ/kg} \times 0,75 \text{ kg/l} = 2,1 \text{ GJ}$.

Ces résultats sont donc sensiblement comparables d'autant plus qu'à ces valeurs, il faut ajouter l'énergie calorifique provenant du reste du véhicule : l'énergie calorifique totale dégagée lors de l'incendie peut atteindre par exemple 12GJ pour un véhicule familial comme le montre le tableau 5 ci-dessous ;

- **b) la puissance du feu** : la figure 15 ci-dessous provenant de la même publication¹⁸² compare la valeur maximale du débit calorifique dégagée lors de l'incendie d'une batterie portable, d'une batterie de véhicule électrique, d'un véhicule électrique pris dans son ensemble et d'un véhicule thermique. La valeur maximale du débit calorifique est généralement comprise entre 5 et 10 MW¹⁸³ aussi bien pour les véhicules thermiques qu'électriques. Ce pic va dépendre de la chimie des batteries, de leur capacité et de leur charge. Il est à noter que la valeur maximale du débit calorifique dégagé n'est pas linéaire en fonction de la capacité de la batterie¹⁸⁴ : elle dépend en effet de la vitesse de propagation de l'emballement thermique d'une cellule à l'autre et va donc varier suivant le conditionnement des cellules et l'existence ou non de matériaux permettant d'isoler les cellules entre elles (pile cylindriques ou prismatiques contenues dans une enveloppe métallique ou « pouch » avec des cellules contenues dans des enveloppes en plastique).

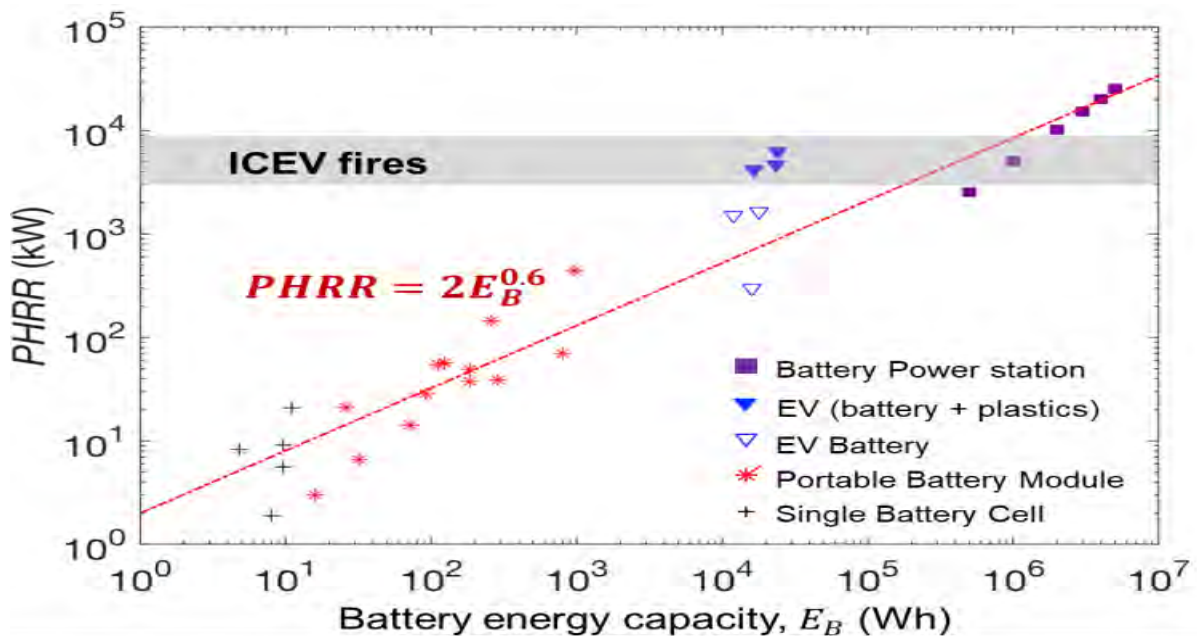


Figure 15 : Débit calorifique maximale dégagé lors de l'incendie d'une batterie en fonction de sa capacité; la bande grise représente le débit calorifique maximal observée lors de l'incendie d'un véhicule thermique¹⁸⁵.

¹⁸² Voir page 12, *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*, P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020), <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>

¹⁸³ Rappel d'unités : un watt (W) est un joule par seconde (J/s) ; la puissance est l'énergie par seconde.

¹⁸⁴ La même référence indique que ce pic d'énergie (PE en kW) varierait selon la puissance 0,6 de l'énergie de la batterie (E exprimée en Wh) suivant une relation qui pourrait être traduite en première approximation par la relation suivante $PE = 2 E^{0.6}$.

¹⁸⁵ Source *Ibidem*

De fait, les différents articles et comptes rendus d'essais auxquels la mission a pu avoir accès confirment ces ordres de grandeur. L'article rédigé par Benjamin Truchot en 2017¹⁸⁶ confirme de plus d'une part que les tests effectués sur des véhicules récents aussi bien thermiques qu'électriques donnent des ordres de grandeur comparables pour la valeur maximale du débit calorifique (entre 4,9 et 7,8 MW pour les véhicules thermiques contre 4,5 MW pour le véhicule électrique) ainsi que pour l'énergie calorifique totale dégagée (entre 6,9 et 10,6 GJ pour les véhicules thermiques contre 8,5 GJ pour le véhicule électrique). Il souligne de plus que ces valeurs ne sont pas sensiblement différentes de celles déjà publiées pour des véhicules plus anciens conformément au tableau 15 ci-dessous :

	Valeur maximale du débit calorifique (MW)	Délai entre l'ignition et l'observation de la valeur maximale du débit calorifique (min)	Energie calorifique totale dégagée (GJ)
AIPCR guide ¹⁸⁷ , véhicule urbain	2,5	-	6
AIPCR guide, véhicule familial	5	-	7
CETU ¹⁸⁸ , véhicule urbain	4	5	6
CETU, véhicule familial	8	5	12
Véhicule familial ¹⁸⁹	7	7	9
Véhicule électrique urbain ¹⁹⁰	6,3	40	6,4

Tableau 5 : ordre de grandeur des valeurs calorimétriques d'un feu de véhicule. Source : Ineris 2017¹⁹¹

Dans son rapport de juillet 2020¹⁹², la NFPA fait également état pour les véhicules thermiques de valeurs maximales de débit calorifique comprises entre 2 et 11 MW et d'énergie totale relâchée de 4 à

¹⁸⁶ *An experimental evaluation of toxic gas emissions from vehicle fires*, Benjamin Truchot, Fabien Fouillen, Serge Collet, 2018, INERIS, Parc Technologique ALATA, France, <https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-01863930/>

¹⁸⁷ *Fire and Smoke Control in Road Tunnels*, 1999 PIARC Committee on road tunnels, https://www.researchgate.net/publication/44092812_Fire_and_smoke_control_in_road_tunnels

¹⁸⁸ *Guide to Road Tunnel Safety Documentation*, Booklet 4, Specific hazard investigations, 2003. CETU publication https://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fascicule-4-english_cle059211.pdf

¹⁸⁹ E.V. Studiengesellschaft Stahlanwendung, Eureka-project EU 499 Firetun: Fires inTransport Tunnels, Report on Full-scale Tests, Verlag und Vertriebsgesellschaft, Düsseldorf, November 1995.

¹⁹⁰ *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. Amandine Lecocq ; Marie Bertana ; Benjamin Truchot ; and Guy Marlair, INERIS FIVE 2012, Sep 2012, Chicago, United States. pp.183-194 <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973680>

¹⁹¹ *An experimental evaluation of toxic gas emissions from vehicle fires*, Benjamin Truchot, Fabien Fouillen, Serge Collet, 2018, INERIS, Parc Technologique ALATA, France, <https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-01863930/>

¹⁹² *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers*. July 2020, Final Report by Haavard Boehmer, PE Michael Klassen, Ph.D., PE Stephen Olenick, July 2020, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

9 GJ¹⁹³. On retrouve également les conclusions de l'article de l'INERIS de 2012¹⁹⁴ montant des valeurs sensiblement équivalentes entre des véhicules électriques et leurs homologues thermiques pour le débit calorifique maximal, valeurs comprises entre 4 et 6 MW, ainsi que pour l'énergie totale relâchée de 6 à 10 GJ (avec des valeurs légèrement plus élevées pour les véhicules thermiques mais avec des batteries de faible capacité pour les véhicules électriques).

À l'évidence, la valeur maximale du débit calorifique sera plus élevée si l'emballement électrique des cellules électriques se produit au même instant : c'est ce type de phénomène qui est constaté, lors de certains essais, lorsqu'on soumet une batterie seule à un brûleur. Dans ce cas, on peut assister à une montée en pression très rapide au sein de l'enveloppe de la batterie (due à la vaporisation de l'ensemble des électrolytes) et, si la soupape présente sur l'enveloppe de la batterie n'est pas suffisamment dimensionnée à une explosion. Dans la pratique, l'emballement thermique se produit d'abord dans une cellule et se propage avec un temps de propagation plus ou moins long aux autres cellules ; la montée en pression est ainsi nettement moins rapide.

Enfin, le troisième paramètre important dans un incendie, qui va commander la résistance ou non des matériaux, sera la température : il va cependant dépendre du véhicule concerné, mais aussi du nombre de véhicules impliqués dans l'incendie et surtout du nombre de véhicules et de l'espace dans lequel ils se situent.

La question se pose ensuite de savoir si ces ordres de grandeur sont encore valables pour des véhicules utilitaires légers (VUL). Les essais au feu menés en 2017 sur des véhicules utilitaires légers par le Centre technique industriel de la construction métallique (CTICM), et dont les résultats ont été publiés dans le numéro de décembre 2021 de la revue de la construction métallique¹⁹⁵, sont de ce point de vue extrêmement intéressants. Même si tous les capteurs n'ont pas forcément fonctionné, ils ont en effet donné lieu à un grand nombre d'enregistrements :

- l'essai a été mené sur deux utilitaires de type Renault Kangoo chargés pour le premier d'une masse solide d'environ 370 kg de matériaux solides représentant un potentiel d'énergie calorifique disponible de 4,4 GJ et pour le second de peintures liquides correspondant à une masse de 330 kg et à une énergie potentielle de 3,4 GJ. Dans les deux cas, les réservoirs ont été remplis aux deux-tiers avec 40 l de gasoil ;
- les valeurs maximales de débit calorifique observées, 7,4 et 5,6 MW, restent dans les ordres de grandeur évoqués ci-dessus, et sont même légèrement inférieurs ;
- l'énergie calorifique totale dégagée est par contre légèrement plus importante : 14,9 GJ pour le premier véhicule et 11,9 GJ pour le deuxième (qui peuvent être décomposés en 10,4 et 8,6 GJ pour les véhicules et 4,4 et 3,4 GJ pour les chargements) ;

¹⁹³ Voir en particulier : *Distribution analysis of the fire severity characteristics of single passenger road vehicles using heat release rate data*. Tohir M., Z., M., Spearpoint M., Fire Science Reviews vol 2, issue 5. <http://dx.doi.org/10.1186/2193-0414-2-5>, 2013 <https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/2193-0414-2-5>, *Full-Scale Fire Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles*, Lam, C., MacNeil, D., Kroeker, R., Loughheed, G., and Lalime, G Fourth International Conference on Fire in Vehicles, Baltimore, USA, October 5-6, 2016 <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1120218/FULLTEXT01.pdf> *Fire spread in car parks*. BD2552, Department for Communities and Local Government, London, UK, Dec, 2010 <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20120919204054/http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/1795610.pdf>

¹⁹⁴ *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. Amandine Lecocq ; Marie Bertana ; Benjamin Truchot ; and Guy Marlair, INERIS FIVE 2012, Sep 2012, Chicago, United States. pp.183-194 <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973680>

¹⁹⁵ *Etude expérimentale par calorimétrie de la combustion de véhicules utilitaires légers avec un chargement*, Zanon R., Tramonji JB., Suzanne M. Revue de la construction métallique, 2022 n° ; : 2021 Numéro 4, <https://www.cticm.com/centre-de-ressources/>

- ces valeurs sont inférieures à celles que l’Ineris a proposées, en l’absence de données expérimentales, dans son avis d’expert sur les scénarios d’incendie à retenir pour les parcs de stationnement en superstructures largement ventilés¹⁹⁶ : l’Ineris avait en effet considéré qu’il fallait retenir un chargement de 250 kg de peinture hautement inflammables ce qui représentait un potentiel calorifique de 10 GJ. Ses calculs le conduisaient donc à proposer un scénario dans lequel la puissance calorifique maximale atteinte était de 18 MW et l’énergie dégagée de 18,9 GJ. Les résultats obtenus sont ainsi nettement inférieurs à ceux de la courbe conventionnelle de l’Ineris ;
- les pics de débit calorifique sont observés au bout d’une vingtaine de minutes ;
- même pour un seul véhicule, les températures atteintes sous plafond sont élevées : 790 °C pour le premier essai et 635 °C pour le second. Un flux thermique de 25 kW/m² a été atteint sur le côté du véhicule lors de l’un des essais au moment où le feu était maximal.

L’ajout d’une batterie électrique ne devrait pas changer significativement ces résultats ; les premiers Renault Master ZE entièrement électriques étaient équipés d’une batterie de 33 kWh. Une option à 52 kWh existe depuis fin 2021. Le Kangoo Z.E est actuellement au plus équipé d’une batterie de 33 kWh.

2.2.3 Mais le comportement au feu des véhicules électriques diffère par la durée de l’incendie, par sa reprise possible et par la difficulté de l’éteindre

Si l’énergie dégagée est donc comparable entre un feu de véhicule électrique et son homologue thermique, le comportement au feu d’un véhicule électrique va cependant différer sur trois points :

- *une cinétique de feu différente* : un feu de véhicule électrique va avoir une cinétique extrêmement différente suivant son origine :
 - Soit l’origine est interne à la batterie : dans ce cas, et la vidéo de l’incendie d’un véhicule Tesla à Shanghai en avril 2019¹⁹⁷, l’illustre très bien, la séquence peut être rapide : l’emballement thermique d’une ou de plusieurs cellules à l’intérieur d’un module va conduire à une montée en pression à l’intérieur de la batterie et à l’échappement de fumées blanches correspondant à la vaporisation de l’électrolyte de la ou des cellules concernées, suivie de l’embrasement du véhicule et de la propagation de l’incendie au(x) véhicule(s) en quelques minutes. La vidéo d’un même incident¹⁹⁸ (visiblement dû à un défaut de fabrication des batteries) survenu en avril 2022 sur un véhicule chinois de type *WM Motor* à Haiku montre que le conducteur du véhicule voisin a néanmoins le temps de remonter dans son véhicule et de l’éloigner : cette attitude n’est néanmoins pas à conseiller ;
 - Soit l’origine est externe au véhicule : et, dans ce cas, on considère que la batterie ne prend feu qu’au bout d’un délai supérieur à trente minutes. Plusieurs comptes rendus d’essais montrent même que dans certains cas il est difficile d’obtenir l’embrasement de la batterie (voir en particulier les essais menés en 2012 par le LPPP¹⁹⁹) : l’exemple le plus typique est celui de l’incendie survenu sur un bus hybride en mars 2016 à Shenzhen dans lequel le bus est quasiment entièrement calciné mais la batterie est

¹⁹⁶ *Parcs de stationnement en superstructures largement ventilés : avis d’expert sur les scénarios d’incendie*, INERIS, 2001

¹⁹⁷ <https://www.businessinsider.com/tesla-battery-fire-shanghai-update-investigation-findings-2019-7?r=US&IR=T>

¹⁹⁸ <https://uk.news.yahoo.com/electric-suv-suddenly-catches-fire-103532708.html>

¹⁹⁹ *RAPPORT D’ESSAI SUR SITE, Étude de l’impact de feux de véhicules électriques (RENAULT) sur les intervenants des services de secours*, LCPP, 2012, <http://iuv.sdis86.net/wp-content/uploads/2015/09/Rapport-LCPP-brulages-vehicules-electriques-Renault.pdf>

restée intacte²⁰⁰.

On peut ainsi retenir que la présence d'un véhicule électrique dans un parking va conduire à une propagation rapide de l'incendie au(x)véhicule(s) voisin(s) quand celui-ci trouvera son origine dans un emballement thermique interne au véhicule. Par contre, au-delà de ces trois véhicules, on retombe dans un feu classique de véhicules puisque la propagation de l'incendie ne sera pas plus rapide par un véhicule électrique (qui ne sera pas à l'origine de l'incendie que par un véhicule thermique). Rappelons cependant que le feu observé à Shanghai correspond à un ancien design des batteries de Tesla dans lequel les soupapes de protection des batteries étaient situés sur le côté de celles-ci (favorisant donc la propagation latérale de l'incendie) et que, pour un véhicule thermique, le réservoir peut commencer à montrer des signes de défaillance après une exposition à un feu de nappe de 2 à 5 minutes. Comme le souligne la NFPA, dans le dernier paragraphe de son rapport sur les risques d'incendie des véhicules actuels en parkings couverts : « *La propagation du feu entre les voitures dans un garage, en particulier du premier au deuxième et troisième véhicule, s'avère essentielle pour déterminer l'étendue de l'incendie et la capacité des services d'incendie à maîtriser l'incendie et à pouvoir l'éteindre... Des tests à grande échelle avec une large gamme de configurations doivent être effectués pour évaluer la dynamique de propagation et les paramètres critiques. Ces données peuvent être utilisées comme base pour évaluer des scénarios supplémentaires nécessaires à une modélisation informatique* »²⁰¹. La mission ne peut que s'associer à une telle recommandation qui s'adresse tout autant aux véhicules thermiques qu'aux véhicules électriques et à la comparaison des essais qui peuvent être menés sur ce sujet dans différents pays ;

- *le risque d'explosion* est observable dans des conditions d'essais extrêmes où l'ensemble des cellules sont portées au même moment à une température supérieure à celle du déclenchement de l'emballement thermique de la batterie ce qui peut conduire à une montée en pression supérieure à la protection existante sur la batterie. C'est ce qu'on constate notamment dans des incendies de stockage de batteries avec des feux très violents. C'est ce qu'on peut constater également lorsque les batteries sont mal conçues : ainsi, à la suite d'une série d'explosions dans toute la France, la préfecture des Pyrénées-Orientales a ordonné la suspension de mise sur le marché et le rappel de toutes les batteries au lithium de la marque "Energy Cases", commercialisées par l'entreprise de Perpignan SAS P.C.E²⁰². Dans la pratique, ces explosions sont rares : elles ne doivent pas être confondues avec les bruits accompagnant l'ouverture des soupapes des cellules notamment cylindriques présentes dans les batteries ;
- *la reprise du feu et les quantités d'eau nécessaire à son extinction* : l'une des caractéristiques des feux de batteries et de véhicules électriques réside dans la difficulté à les éteindre. Les cas de reprise de feu de la batterie plusieurs heures, voire plusieurs jours, après une première extinction sont ainsi fréquents²⁰³ : il va être en effet quasiment impossible d'accéder aux

²⁰⁰ Incendie évoqué page 18 et 19 dans *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*; P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020), Article in *Fire Technology*, January 2020

https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles

Voir également *A mixed energy public bus caught on fire in Shenzhen*. He X., Inewenergy 2016.

<http://www.inewenergy.com/news/guonei/031G0162016.html>

²⁰¹ « *The spread of fire between cars in a garage, especially from the initial to the second and third vehicles, is shown to be critical in determining the extent of the fire and the ability of the fire department to successfully control and extinguish. Full-scale testing with a range of configurations should be performed to evaluate the spread dynamics and critical parameters. This data can be used as basis to evaluate additional scenarios with computational modeling* » *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers*. July 2020, Final Report by Haavard Boehmer, PE Michael Klassen, Ph.D., PE Stephen Olenick, July 2020, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

²⁰² Voir notamment <https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/des-batteries-au-lithium-retirees-du-marche-apres-une-serie-d-explosions-en-france-1619512592>

²⁰³ Voir notamment : *NTSB Investigations of EV Fires*, T. Barth and R. Swaim, National Transportation Safety Board (NTSB), USA, 2018.

différentes cellules de la batterie pour éteindre complètement l'incendie. Plusieurs stratégies sont alors possibles pour remédier à cette difficulté : a) la première, recommandée notamment en Allemagne, consiste à immerger le véhicule pendant plusieurs heures dans un conteneur rempli d'eau. Inconvénient : cette disposition trouve rapidement ses limites dès lors que plusieurs véhicules électriques sont impliqués ou que l'incendie concerne un poids lourd ou un bus électrique ; de plus, tous les centres de secours ne disposent pas d'un tel conteneur ; b) la deuxième recommandée par Tesla consiste à demander aux pompiers de refroidir grâce à l'eau déversée la batterie pour maintenir la température en dessous du seuil de déclenchement de l'emballement thermique. Inconvénient majeur ; Tesla indique que cette stratégie peut représenter une consommation allant jusque 8 000 gallons²⁰⁴ d'eau pour un seul véhicule ! c) la troisième consiste à prévoir dès l'origine la mise en place d'un dispositif particulier destiné à noyer l'intérieur de la batterie : Renault a ainsi mis en place depuis plusieurs années un dispositif permettant d'injecter de l'eau dans la batterie et dont le bouchon fond au-delà d'une certaine température. Inconvénient : ce dispositif n'est pas repris aujourd'hui par les autres constructeurs ; d) le quatrième consiste à prévoir là encore à l'origine un dispositif embarqué capable de noyer la batterie. Inconvénient : la quantité de liquide nécessaire réserve probablement ce dispositif à des véhicules lourds disposant de place (bus, autocars, ou poids lourds par exemple).

La mission fait remarquer que, sur un plan strictement opérationnel, les deux premières solutions décrites ci-dessus ne constituent ni une règle ni une méthode facilement applicable lors des incendies de parkings. En effet, soit la technique proposée n'est pas possible à l'intérieur du parking (faire rentrer une grue de levage et un conteneur dans un parking enfumé pour y immerger le véhicule en feu ou placer un mécanisme de coussin de levage sous un véhicule en feu...), soit les services de secours ne disposent pas de citernes de grande capacité dans chaque centre de secours.

La mission souligne que désormais l'attaque à l'eau de l'incendie d'un feu de parking devient la recommandation principale alors que l'utilisation de batteries lithium métal polymère dans les véhicules particuliers avait conduit par le passé à déconseiller ce mode d'intervention compte tenu de la réaction entre l'eau et les particules de lithium métallique. De telles batteries subsistent néanmoins dans les véhicules ex-Autolib' encore en circulation (en faible nombre) ainsi que dans les bus de marque Bolloré : l'incendie d'un bus de la RATP le 29 avril 2022 a donné ainsi lieu une intervention à l'aide de moyens hydrauliques très importants et continus présents à Paris (lances canons, fourgon incendie de grande capacité et réseau d'eau public disposant d'un débit très important).

2.2.4 Les incendies de véhicules, aussi bien thermiques qu'électriques peuvent dégager des fumées toxiques

Outre la présence attendue de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde carbone (CO₂) dans les fumées d'incendies de véhicules, celles-ci vont aussi contenir un certain nombre d'autres gaz acides : l'article de 2012 de l'Ineris²⁰⁵ déjà cité évoquait ainsi cette problématique en soulignant en particulier la présence de fluorure d'hydrogène qui avait été peu mentionnée jusqu'à présent. Autre point important mis en avant par cet article, les concentrations de gaz toxiques dans l'air vont dépendre d'un grand nombre de paramètres : la combustion elle-même (qui va dépendre de la présence d'oxygène en plus ou moins grande quantité), la nature et la composition du ou des véhicules impliqués, la présence ou non d'un chargement contenant des produits toxiques dans le cas des VUL, la ventilation plus ou moins importante, l'existence ou non de zones d'accumulation de gaz ...

²⁰⁴ Un gallon US représente 3,785 litres : 8000 gallons correspondent ainsi à 30 000 litres, soit l'équivalent d'un camion-citerne de grande capacité des SDIS destinés au ravitaillement en eau sur les incendies de forêts en France.

²⁰⁵ *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. Amandine Lecocq ; Marie Bertana ; Benjamin Truchot ; and Guy Marlair, INERIS FIVE 2012, Sep 2012, Chicago, United States. pp.183-194 <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973680>

De fait les fumées d'incendies de véhicules thermiques vont notamment contenir, outre le CO et le CO₂, les gaz suivants :

- le cyanure d'hydrogène HCN (donnant naissance, en solution aqueuse, à de l'acide cyanhydrique) présent en particulier dans le rembourrage des sièges ;
- le fluorure d'hydrogène HF (dont la dissolution dans l'eau donne lieu à une réaction exothermique violente et qui donne naissance en solution aqueuse à l'acide fluorhydrique) qui peut provenir soit du liquide réfrigérant utilisé pour la climatisation, soit des câbles.

Un véhicule électrique va contenir, en particulier dans sa batterie, un certain nombre de composants chimiques qui, lors d'une combustion, vont venir s'ajouter aux dégagements précédents : l'élément le plus notable est certainement l'hexafluorophosphate de lithium LiPF₆ qui se dissocie dans l'eau en cations de lithium Li⁺ et anions hexafluorophosphate PF₆⁻ et qui constitue ainsi un excellent électrolyte pour les batteries lithium ion. Sa combustion produira non seulement du fluorure d'hydrogène mais aussi de l'oxyfluorure de phosphore (POF₃) qui peut être plus toxique que le fluorure d'hydrogène²⁰⁶. Un véhicule électrique va de plus contenir des câbles permettant de transporter des courants de 400, voire 800 volts, ce qui devrait augmenter encore plus la production d'HF.

Dans ces conditions, les essais récents de mesure des gaz toxiques présents lors d'incendies de véhicules menés par l'Ineris²⁰⁷ sont particulièrement intéressants. Ils montrent que :

- les véhicules électriques n'amènent pas à un accroissement majeur des gaz toxiques relâchés ;
- seul, le fluorure d'hydrogène est relâché en quantité plus importante (0,7 kg pour le véhicule électrique contre 0,4 kg pour le véhicule thermique équivalent). Mais, comme le montre la figure ci-dessous, la valeur du pic de concentration pour un feu d'origine externe au véhicule est le même. Il résulte probablement soit du liquide servant à la climatisation, soit de plastiques fluorés et est atteint environ 15 minutes après le début de l'incendie. Ce n'est que lorsque l'incendie s'étend à la batterie du véhicule électrique (après 25-30 minutes) qu'une nouvelle source apparaît pour le véhicule électrique. Cette durée permet normalement aux personnes présentes dans le parking (et également dans un tunnel) d'évacuer les lieux sans être intoxiquées par la fumée.

Pour des incendies survenant à l'extérieur, le fluorure d'hydrogène aura tendance à se dissiper assez rapidement dans l'air. Il peut ne pas en être de même pour un feu survenant dans un parking. De plus si le feu prend naissance dans l'emballage thermique d'une cellule, les rejets de fluorure d'hydrogène devraient être nettement plus rapides. À l'inverse, plusieurs références indiquent que l'utilisation d'eau permet de diminuer la concentration du fluorure d'hydrogène²⁰⁸.

²⁰⁶ *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles* : P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020), Article in Fire Technology, January 2020

https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles

²⁰⁷ *An experimental evaluation of toxic gas emissions from vehicle fires*, Benjamin Truchot, Fabien Fouillen, Serge Collet, 2018, INERIS, Parc Technologique ALATA, France, <https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-01863930/>

²⁰⁸ Voir notamment: i) *The History of the Electric Car*, Matulka R.. Department of Energy 2014. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> li) *Accident Assistance and Recovery of Vehicles with High-Voltage Systems*. Verband Der Automobilindustrie EV 2017:1–30;

http://rescueorganisationireland.ie/resources/files/Accident_Assistance_Recovery_FAQ.pdf : « *Self-contained breathing apparatus must be worn while working in exposed conditions. Use a water spray jet to remove vapors and gases from the air* ».

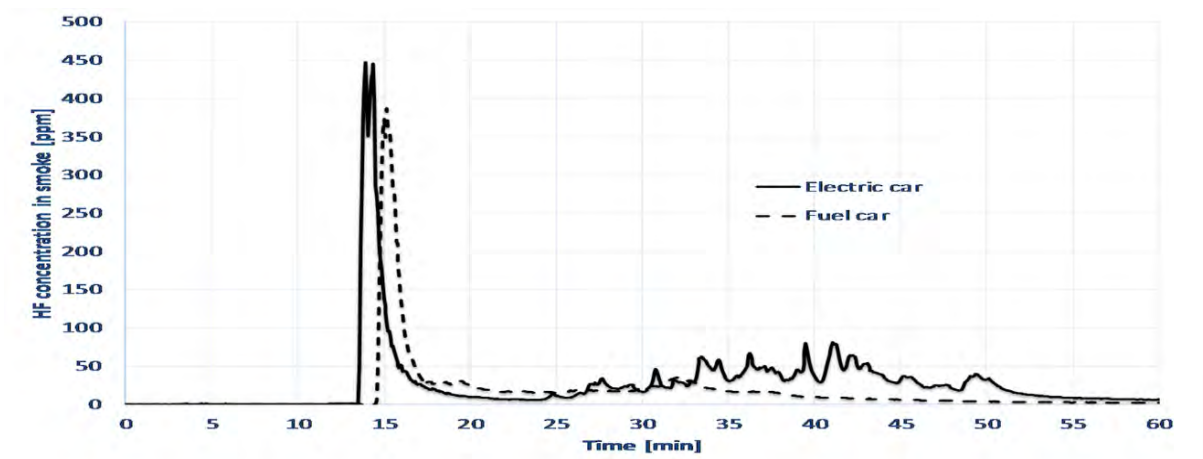


Figure 16: Concentration de fluorure d'hydrogène dans les fumées d'incendie d'un véhicule thermique et d'un véhicule électrique. Source : Ineris

Le fluorure d'hydrogène reste dans tous les cas un gaz extrêmement corrosif qui attaque les tissus organiques et endommagera la tenue d'intervention²⁰⁹ des sapeurs-pompiers. Une précaution indispensable lors de l'intervention des sapeurs-pompiers dans les parcs de stationnement consistera donc à mesurer la concentration en fluorure d'hydrogène à l'aide d'un appareil portable.

2.3 Les engins mobiles électriques peuvent conduire à des incendies violents

Il est paradoxal de constater qu'aujourd'hui ce sont les incendies de batteries des engins mobiles électriques (vélo, trottinette, *hoverboard*...) qui conduisent aux conséquences les plus importantes. Ils sont non seulement en nombre croissant, mais ils peuvent surtout entraîner la mort des personnes présentes dans le local où s'effectue la recharge.

Le 6 janvier 2022, selon des informations rapportées par les médias, une étudiante a ainsi sauté de sa chambre située au deuxième étage d'une résidence universitaire à Clermont-Ferrand pour échapper aux flammes²¹⁰ : l'incendie proviendrait d'une batterie de trottinette électrique en charge dans la pièce. À Gennevilliers, le 4 novembre 2021, une femme a été gravement blessée par l'explosion d'une batterie de trottinette en cours de charge²¹¹.

Le 22 avril 2022, les pompiers de New York, *the Fire Department of the City of New York (FDNY) Fire Marshals*, ont annoncé par un post sur *Facebook*²¹² qu'à New York, en 24 heures, 4 incendies provoqués par la recharge de scooters ou de vélos électriques avaient entraîné 12 blessés. Depuis le début de l'année, le décompte est de 40 feux et de 20 blessés²¹³. En 2021, 93 incendies de ce type se sont produits entraînant la mort de 4 personnes et en blessant 70 autres. À titre d'exemple, la recharge, fin décembre 2021, de plusieurs batteries de vélos électriques dans un appartement de Manhattan a conduit à l'incendie de l'une d'entre elles, puis à une explosion projetant une vitre vers l'extérieur et provoquant

²⁰⁹ La norme EN 469 relative à la protection du risque technique lors des attaques de feux de structures qui définit les caractéristiques des tenues d'intervention des sapeurs-pompiers n'est pas conçue pour protéger contre les gaz toxiques et en particulier le fluorure d'hydrogène.

²¹⁰ <https://www.lefigaro.fr/faits-divers/clermont-ferrand-une-etudiante-se-defenestre-pour-echapper-a-un-incendie-dans-sa-chambre-crous-20220106>

²¹¹ <https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/gennevilliers-une-femme-gravement-brulee-apres-l-explosion-d-une-batterie-de-trottinette-1636052030>

²¹² <https://www.facebook.com/FDNY/posts/353348373495955>

²¹³ Voir notamment <https://www.firehouse.com/community-risk/investigation-equipment/news/21265128/fdny-reports-rash-of-li-ion-battery-fires>

l'endommagement d'un mur entre deux pièces : un mort, un blessé grave et plusieurs blessés légers en ont résulté²¹⁴.

L'incendie survenu à Colomiers le mardi 14 décembre 2021 dans un container dédié au rechargement de batteries Lithium-Ion de Colomiers lui-même à l'intérieur d'un entrepôt d'Indigo Wheel²¹⁵ rempli de scooters et vélos électriques, d'autres batteries et d'éléments divers (pneus, pièces mécaniques, ...) est enfin significatif à bien des égards²¹⁶ :

- même si l'origine du feu est inconnue et soumise à enquête, il montre que la recharge simultanée en un même lieu d'un grand nombre de batteries d'engins électriques de petite taille peut conduire à des explosions et à des incendies extrêmement violents ; 144 petites batteries étaient potentiellement en cours de recharge dans le conteneur impliqué dans l'incendie pour une puissance électrique maximum de 120 kWh. Le bâtiment de 2 000 m² est entièrement détruit, sa toiture complètement effondrée, à l'exception d'une bande de 200 m² environ vide de marchandises. Les poteaux métalliques, de forte section pour certains, sont totalement repliés au sol. L'extinction du feu n'interviendra que 15 heures après son commencement ;
- les riverains qui appellent le Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours (Codis) font état d'un incendie très violent, générant des salves nourries d'explosions (des appels proviennent de 2,5 km). Des éléments constitutifs apparemment de batteries, semblables à de grosses piles rondes, auraient été trouvés à plus de 30 m de la façade du bâtiment !
- les relevés de toxicité, y compris de fluorure d'hydrogène, réalisés par les pompiers ne font pas état de niveaux significatifs ;
- un précédent incendie avait eu lieu dans le même entrepôt en octobre 2019²¹⁷ : les recommandations des assureurs et pompiers (dispositif fixe d'extinction automatique sur le conteneur, raccord pour permettre le noyage du conteneur, rétention) *n'avaient pas été mises en œuvre*²¹⁸. Jusqu'au décret n° 2019-1096 du 28 octobre 2019, la puissance pour le classement en ICPE soumise à déclaration des ateliers de charge de batteries qui était de 50 kW pour des ateliers de charge de batteries ne dégageant pas d'hydrogène, ce qui est le cas des batteries lithium-ion, a été porté à 600 kW : l'atelier ne figurait donc pas dans la catégorie des ICPE soumises à autorisation ;
- le retour d'expérience des sapeurs-pompiers mentionne l'intérêt de disposer en pareil cas d'une couverture anti-feu spécifique adaptée (1 500°C) pour couvrir les batteries concernées de façon à limiter la propagation, les projections et permettre de les déplacer...

Si la réglementation actuelle prévoit un haut niveau de sécurité dans les batteries des véhicules électriques pour prévenir les risques de surcharge et de courts-circuits - ce qui conduit à la mise en

²¹⁴ <https://heromag.net/nine-e-bike-batteries-cause-major-nyc-apartment-fire>

²¹⁵ A la suite de cet incendie, la société Indigo Wheel entreprise filiale du groupe de parkings Indigo a décidé d'arrêter la location de scooters et de vélos électriques en libre-service. L'entrepôt contenait également un nombre non précisé de batteries lithium ion.

²¹⁶ Voir notamment *Violent feu d'une flotte de vélos et de scooters électriques*, René Dosne, Face au Risque – mars 2022, <https://www.faceaurisque.com/2022/03/11/violent-feu-d-une-flotte-de-velos-et-de-scooters-electriques/>

²¹⁷ Voir notamment le partage d'expérience réalisée en collaboration et grâce à l'équipe 2 du Centre de secours COLOMIERS, *Feu de stockage de batteries Li-Ion Colomiers*

²¹⁸ Source : base ARIA. *Feu dans un entrepôt abritant des batteries au lithium* ; ARIA 58361 - IC - 14-12-2021 - 31 - COLOMIERS

place d'une gestion électronique de la batterie particulièrement rigoureuse (BMS²¹⁹) -, ce n'est pas toujours le cas sur les petites batteries que l'on trouve par exemple sur les trottinettes ou les vélos électriques et qui peuvent donner lieu à des feux notables. De plus, les recharges sont souvent effectuées avec des chargeurs et des câbles non adaptés. Enfin, selon les constats visuels de la mission, les connexions des cellules de certaines batteries ne sont pas suffisamment protégées des agressions extérieures (arrivée d'eau ou choc entraînant un poinçonnement) et donc de courts-circuits.

Au-delà des améliorations à apporter à ce type de batteries, la mission ne peut donc que recommander, comme les pompiers New-Yorkais l'ont fait à la fin de l'année dernière²²⁰, la plus grande prudence dans la charge de ce type de batteries que ce soit à domicile ou dans des espaces confinés, y compris des parkings couverts.

2.4 Les bus électriques méritent une attention particulière

Les bus thermiques présentent des risques non négligeables d'incendie (environ 1 % des bus thermiques finissent leur vie dans un incendie²²¹) pouvant entraîner la mort de leurs passagers (47 morts dans un incendie en Chine en 2008²²²). Ceci a conduit à renforcer au niveau international les prescriptions techniques sur l'aménagement intérieur des autobus et autocars, ainsi que sur leur comportement au feu qui relèvent des règlements 107²²³ et 118 de la CEE-ONU. Ceux-ci prévoient désormais l'installation obligatoire d'un système d'extinction automatique d'incendie dans le compartiment du moteur et du chauffage autonome des autobus. Ce système doit se déclencher si une température excessive est détectée dans ces compartiments. Cette disposition est entrée en vigueur pour les nouveaux types de véhicules à partir du 1er septembre 2020 et pour tous les véhicules neufs à compter du 1er septembre 2021²²⁴ dans un grand nombre de pays dont 22 pays européens²²⁵. Alors qu'on dénombre environ un feu par jour sur un bus scolaire aux États-Unis et six feux sur des bus et autocars, cette mesure n'est cependant pas encore obligatoire pour tous les bus aux États-Unis même si le NTSB a recommandé en 2019 que tous les bus scolaires, neufs ou en service, soient équipés d'un tel dispositif. Une étude²²⁶ a donc été lancée en novembre 2021 par le TRB pour pouvoir mieux apprécier la prévention du risque incendie dans les bus et la gestion du risque correspondant.

Les risques présentés par les bus électriques seront du même type que ceux exposés précédemment mais avec la nécessité de pouvoir permettre aux passagers de descendre du véhicule en cas de début d'incendie. La mission n'a pas trouvé de statistiques particulières sur ce type de véhicules qui ont donné lieu à des incendies récents :

²¹⁹ Le système de contrôle des batteries d'accumulateurs (Battery Management System ou BMS en anglais) est un système électronique permettant le contrôle et la charge des différents éléments d'une batterie d'accumulateurs. https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_de_contr%C3%B4le_des_batteries_d%27accumulateurs

²²⁰ The FDNY shared the following safety tips for lithium-ion batteries in October 2021: • Purchase and use devices that are listed by a qualified testing laboratory : i) Follow the manufacturer's instructions for charging and storage ; ii) Do not charge a device under your pillow, on your bed, or a couch, iii) Always use the manufacturer's cord and power adapter made specifically for the device, iv) Keep batteries/devices at room temperature. Do not place in direct sunlight, v) Store batteries away from anything flammable, vi If a battery overheats or you notice an odor, change in shape/color, leaking, or odd noises from a device discontinue use immediately. <https://www.nbcnewyork.com/news/local/fdny-issues-warning-in-wake-of-e-bike-battery-fires/3330989/>

²²¹ *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*, page 19, P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020), https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles

²²² <http://en.people.cn/90882/8277469.html>

²²³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42018X0237&from=EN>

²²⁴ Voir notamment <https://www.senat.fr/questions/base/2018/qSEQ180102864.html>

²²⁵ <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/ntbs-safety-recommendation>

²²⁶ <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=5258>

- trois incendies, impliquant des bus électriques ont eu lieu dans des dépôts de bus en Allemagne l'année dernière à Düsseldorf (détruisant 38 bus) et à Hanovre (dans les deux cas, des bus hybrides Solaris étaient présents : ce type de bus a donné lieu également à des départs de feu en Belgique, sur la partie thermique²²⁷) ainsi qu'à Stuttgart (bus Citero de Daimler contenant des batteries lithium métal polymère : l'incendie semble d'être produit lors de la recharge et aurait détruit 25 bus)²²⁸ ;
- plus récemment, deux bus électriques de la RATP, munis de batteries lithium métal polymère ont pris feu le lundi 4 avril et le vendredi 29 avril 2022 au centre de Paris sur le boulevard Saint-Germain²²⁹ et près de la bibliothèque François Mitterrand²³⁰ : ceci a conduit la RATP à suspendre provisoirement les 149 bus électriques de la marque Bolloré munis de ce type de batteries qu'elle exploite. Cette technologie très particulière, déjà impliquée dans l'incendie de Stuttgart en 2021 n'équipe aujourd'hui que les bus de la marque Bolloré : nous y reviendrons dans le chapitre suivant à l'occasion des critères de notation d'Euro NCAP ;
- le même jour, le vendredi 29 avril 2022, un autre bus électrique de la marque Karsan, modèle e-ATAK, a heurté avec sa batterie (batterie BMW lithium ion NMC) la voûte de l'arche d'un pont à Carcassonne, ce qui a conduit (assez logiquement) à l'incendie de la batterie et à sa destruction ;
- plus récemment, à Londres, le 22 mai, un incendie dans le dépôt de bus de *Potters Bar* dans le Hertfordshire a détruit 6 bus. 2 d'entre eux correspondaient à un modèle électrique, dit MetroDeck EV, fabriqué par Switch Mobility (anciennement Optare) et seraient à l'origine de l'incendie²³¹ ;
- la Chine possède et de loin le plus grand nombre de bus électriques et bénéficie également d'un grand nombre de fabricants différents de batteries (dont CATL, premier producteur mondial) il est donc assez normal qu'un nombre significatif d'incendies ait pu être constaté : i) celui de mai 2021 sur un campus universitaire dans le sud de la Chine à Baise City dans la région autonome de Guangxi Zhuang²³² a donné lieu de manière caractéristique au dégagement de fumées blanches très probablement dues à la vaporisation de l'électrolyte, puis à l'embrassement du bus concerné, et en un temps très rapide à la propagation du feu à la rangée de cinq bus qui lui étaient voisins ; ii) celui de mai 2017²³³ sur un parking à Pékin déclenché par un feu d'artifice voisin s'est propagé à 80 bus (muni de batteries LFP²³⁴) et plusieurs véhicules particuliers. En mai 2020, la Chine a adopté un certain nombre de normes, entrant en vigueur au premier janvier 2021, conduisant à renforcer la sécurité des batteries et des bus électriques.

Par rapport à un bus thermique normal, le bus électrique va présenter des caractéristiques particulières :

- la difficulté d'éteindre l'incendie et sa reprise toujours possible à l'intérieur de la batterie, ce

²²⁷ <https://www.brusselstimes.com/114025/dozen-hybrid-buses-pulled-from-service-after-one-explodes>

²²⁸ <https://www.cleanenergywire.org/news/several-german-cities-halt-use-e-buses-following-series-unresolved-cases-fire>

²²⁹ <https://www.lebonbon.fr/paris/news/incendie-bus-feu-boulevard-saint-germain-paris/>

²³⁰ <https://www.leparisien.fr/video/video-bus-en-feu-a-paris-regardez-les-images-du-debut-de-lincendie-du-vehicule-de-la-ratp-29-04-2022-KJZAIZDLUBCUXPCHKWBSULAUVM.php>

²³¹ <https://www.sustainable-bus.com/news/london-fire-electric-buses-recalled/>

²³² <https://uk.news.yahoo.com/row-electric-busses-catch-fire-113151677.html> et

²³³ Voir notamment *A Review of Battery Fires in Electric Vehicles*,: P. Sun, R. Bisschop, H. Niu, X. Huang* (2020), https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles ainsi que http://www.xinhuanet.com/english/2017-05/01/c_136248785.htm

²³⁴ Celles-ci donnent lieu à une réaction d'emballement thermique lorsqu'elles sont chauffées à plus de 350°C.

qui peut conduire à utiliser de très importantes quantités d'eau, à combattre pendant plusieurs heures les reprises de feu possibles et à conserver dans un endroit sécurisé à l'écart de tout autre objet pendant une journée, voire plusieurs, un bus qui aurait connu un départ de feu ou dont la batterie aurait fait l'objet d'un choc ; une quarantaine d'heures ont ainsi été nécessaires dans le cas de l'incendie du bus survenu le 4 avril à Paris pour totalement éteindre le feu ;

- la gestion des gaz enflammés qui peuvent sortir du casing de la batterie :
 - on retrouve ici le souci de préserver la vie des passagers et la même réglementation²³⁵ que pour les véhicules particuliers : la batterie ou le système du véhicule doit émettre un signal activant un signal d'alerte 5 minutes avant que puisse survenir une situation dangereuse à l'intérieur de l'habitacle (incendie, explosion ou fumée) ;
 - on retrouve également le souhait de retarder la propagation du feu pour éviter que l'incendie ne devienne incontrôlable ce qui renforce l'idée de déployer des réseaux d'extinction automatique pour l'ensemble des bus présents dans un dépôt (comme le prévoit déjà la réglementation ICPE pour les aires de recharge²³⁶) et de renforcer la protection de structures porteuses en particulier lorsque le dépôt est surmonté de bâtiments utilisés pour d'autres usages (cf. article 2.1.2. du même arrêté relatif aux installations surmontées de locaux occupés par des tiers).

L'une des questions qui se pose est de savoir s'il faut que le système d'extinction automatique dédié aux incendies pouvant survenir dans le compartiment du moteur et du chauffage autonome des autobus puisse également concerner la batterie. Plusieurs entreprises proposent aujourd'hui des systèmes d'extinction : citons en particulier le projet *Li-Ion Fire*, financé par l'UE qui a dévoilé à l'occasion de *Busworld 2019* à Bruxelles et qui y a reçu le label de l'innovation²³⁷. Il est actuellement commercialisé par la société DAFO²³⁸. De tels procédés seraient naturellement extrêmement utiles s'ils s'avéraient performants. L'injection d'un produit qui ne ferait que retarder ou masquer l'emballement thermique ne serait naturellement pas satisfaisant, de même qu'un dispositif qui se déclencherait de manière inopinée (et entraînerait ainsi un sérieux endommagement de la batterie). Il n'appartenait pas à la mission de se prononcer sur l'efficacité du système proposé par DAFO ; par contre, la mise en place d'une obligation consistant à imposer le recours à de tels dispositifs pour les bus électriques, existants ou futurs, dès lors que de tels dispositifs seraient considérés comme efficaces, lui semble pouvoir conduire à une nette amélioration de la sécurité des bus électriques .et de la protection incendie.

2.5 Les poids lourds électriques méritent également une attention particulière

La problématique de la sécurité incendie des poids lourds électriques est à bien des égards similaires à celui des bus et autocars. Elle en diffère cependant sur deux points :

- les poids lourds électriques commencent simplement à se développer alors qu'il existe déjà aujourd'hui des dizaines de milliers de bus électriques en circulation dans le monde, en particulier en Chine ;
- un poids lourd n'a pas vocation à transporter des passagers : la problématique de l'isolement de la cabine par rapport au dégagement de fumées provenant de l'emballement thermique de

²³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2021:449:FULL&from=EN>

²³⁶ Arrêté du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux ateliers de charge contenant au moins 10 véhicules de transport en commun de catégorie M2 ou M3 fonctionnant grâce à l'énergie électrique et soumis à déclaration sous la rubrique no 2925 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037311523>

²³⁷ <https://cordis.europa.eu/article/id/413392-pioneering-system-to-greatly-reduce-risk-of-fire-in-electric-buses/fr>

²³⁸ <https://www.sustainable-bus.com/components/electric-buses-fire-risks-suppression-system-dafo>

la batterie sera donc nettement plus simple.

Par contre, le risque de propagation de l'incendie et la possibilité pour les services de secours d'éteindre l'incendie présent à l'intérieur de la batterie restent des points majeurs.

Ils conduisent la mission à poser la question de l'intérêt d'introduire là encore un objectif d'installation obligatoire d'un système d'extinction automatique d'incendie de la batterie.

La difficulté à éteindre un incendie survenant sur un poids lourd électrique a été récemment illustrée par un départ de feu sur un véhicule dans l'usine de Blainville de Renault Trucks : celui-ci a conduit, par précaution, à l'évacuation des 600 employés de l'usine. Après une opération de refroidissement de la batterie défectueuse, le poids lourd a été sorti du bâtiment par les secours puis arrosé en extérieur, mais le feu a repris après chaque opération de refroidissement. Après 2 h d'arrosage, un réseau d'experts a décidé de tracter le poids-lourds et de l'immerger dans une fosse sous eau²³⁹.

2.6 Les stockages d'énergie stationnaires utilisant des batteries peuvent également présenter des risques importants

Le stockage stationnaire d'énergie franchit un ordre de grandeur supplémentaire dans la taille des batteries dont la capacité peut dépasser couramment le MWh et même atteindre 25 MWh comme nous le verrons dans l'exemple chinoise ci-dessous soit environ 1 000 fois la capacité d'une Zoé de 22 kWh.

Ces ordres de grandeur supplémentaire vont conduire, pour le moment, à une multiplication de défauts et d'incendies liés aux anomalies rencontrées sur des systèmes de plus petite taille, mais aussi à des incidents particuliers : l'analyse, extrêmement intéressante réalisées par l'Ineris²⁴⁰, montre qu'il y a eu près de 40 incendies dans le monde portant sur des stockages stationnaires de 2017 à 2021 :

- 31 incidents ont été observés en Corée du sud de 2017 à 2021. Le constructeur coréen de batteries, LG Chem, a donc rappelé l'ensemble des batteries installées d'avril 2017 à septembre 2018 dans ses stockages sans toutefois indiquer les causes des incendies observés. Il a cependant annoncé²⁴¹ en janvier 2022 qu'il utiliserait à l'avenir, pour ses stockages stationnaires des batteries LFP (lithium phosphate de fer moins sujettes à un emballement thermique) conditionnées sous forme cylindriques avec une soupape de sécurité (plutôt que des batteries enveloppées dans un matériau plastique sans soupape de sécurité, dans un format dit *pouch*). Cette stratégie a un double avantage : même si les batteries LFP présentent une densité énergétique massique moindre, elles sont moins sujettes à emballement thermique, et n'utilisant pas de matériaux tels que le cobalt ou le nickel, elles sont moins coûteuses. Le gestionnaire d'ensemble du système, le BMS, qui doit gérer la décharge ou la recharge de plusieurs dizaines de milliers de cellules a également été mis en cause ;
- en 2019, en Arizona, un incendie est intervenu à l'intérieur d'un conteneur de stockage d'énergie de 2,16 MWh sous forme de batteries lithium ion NMC destiné au soutien du réseau à la pointe (*peak shifting*). L'ouverture de ce conteneur a provoqué une explosion blessant quatre pompiers dont l'un a été projeté à plus de 20 mètres. Cet incendie, qui a donné lieu à des analyses contradictoires de LG Chem, fournisseur des batteries concernées, de DNV-GL et d'un tiers expert²⁴², serait né soit d'un court-circuit dans une cellule de batterie lithium-ion (hypothèse DNV-GL), soit d'un emballement thermique lié à un arc électrique dû à la condensation (ce qui aurait entraîné l'échauffement de certaines cellules et le déclenchement

²³⁹ Base de données ARIA

²⁴⁰ Note d'information sur l'évolution de l'accidentologie des batteries, Amandine Lecocq, note externe Ineris, septembre 2021

²⁴¹ <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20220120000703>

²⁴² APS McMicken Progress report, Jan Swart, Kevin White, Michael Cundy, Exponent, July 30, 2020.

d'un emballage thermique), aurait concerné l'ensemble du rack et aurait ainsi conduit au dégagement de gaz inflammables. L'entrée d'oxygène au moment de l'ouverture de la porte du conteneur aurait alors provoqué l'explosion observée. Un premier enseignement important de cet incident est que le système d'extinction par inertage utilisé dans le conteneur (à l'aide d'un produit appelé NOVEC 1230²⁴³) est inefficace pour stopper la propagation d'un emballement thermique d'un module à un autre. Un deuxième enseignement, déjà observé sur dans le cas de l'incendie survenu à Colomiers, est que l'ouverture d'une porte ou d'un conteneur dans lequel un emballage thermique de batteries lithium ion est en cours ou a eu lieu peut donner lieu à une explosion ;

- Un incendie dans l'une des plus grandes installations de batteries Tesla au monde a attiré une nouvelle attention sur les risques des batteries utilisées pour stocker de l'énergie renouvelable pour les réseaux électriques ;
- à Pékin, en avril 2021, une explosion survenue sur un stockage stationnaire d'énergie générée par des anneaux photovoltaïques et utilisé par un centre commercial a entraîné la mort de deux pompiers. Cet incendie survenu sur une batterie lithium ion de très grande taille 25 MWh (utilisée pour moitié pour les besoins en électricité du centre et pour moitié pour la recharge des véhicules électriques des clients), et dont l'origine n'est pas encore connue avec précision, montre que de tels incidents peuvent également se produire sur des batteries lithium phosphates de fer, moins sujettes à emballement thermique ;
- en juillet 2021, un incendie s'est déclaré à l'intérieur d'un conteneur (3 MWh) de batteries lithium ion, faisant partie d'un des plus grands stockages au monde situé en Australie (300 MW et 450 MWh) géré par la société française Neoen en partenariat avec Tesla. Les pompiers ont laissé le conteneur se consumer : il a fallu trois jours pour que l'incendie s'éteigne. Aucun blessé n'est à déplorer. L'incendie s'est étendu au conteneur voisin qui était accolé au premier.
- après le démarrage de tests dans un conteneur d'expédition contenant une batterie lithium-ion de 13 tonnes, un incendie s'est déclaré à Moorabool près de Geelong en Australie, et s'est propagé à un deuxième bloc-batterie.

Parmi les enseignements que l'Ineris retient de cette analyse, la mission retiendra les points suivants qui peuvent concerner des parkings couverts ou des locaux de recharge de batterie d'engins mobiles :

- « un défaut de réflexion en matière de sécurité « systémique » lié à la fourniture de sous-ensembles par différents fournisseurs assembleurs peut poser des problèmes de sécurité suite à l'intégration de ces différents sous-ensembles (série d'incidents Corée du Sud) » ;
- « toutes les chimies de batteries Li-ion (même LFP considérée plus sûre) sont impliquées dans les accidents (Corée du Sud, Brisbane, Beijing, Neuhardenberg, ...). Toutefois, les effets peuvent être différents en fonction de la chimie et les moyens de protection et réponse doivent être adaptés » ;
- « les systèmes de stockage dans un milieu confiné nécessitent une gestion minutieuse des risques d'explosion liés à l'accumulation potentielle de gaz inflammable (Arizona, Liverpool, ...) » ;
- « le risque toxique peut être différent en fonction du scénario : feu avec panache de fumées pouvant entraîner un confinement de la population (*Standish, Drogenbos*) ou dégazage avec accumulation de fumées toxiques en partie basse (Arizona) – émission de HF gazeux et aqueux dans les eaux d'extinction à prendre en compte (Neuhardenberg, Liverpool) » ;
- « le système d'extinction doit être conçu et exploité avec soin conformément à des objectifs de

²⁴³ Le Novec 1230, stocké sous forme liquide et utilisé sous forme gazeuse, a pour but d'étouffer un incendie en cours. C'est un fluorocétone dont la composition chimique exacte est la suivante dodecafluoro-2-méthylpentan-3-un. Un tel gaz ne sera par contre pas efficace par rapport à une réaction d'emballement thermique qui ne nécessite pas d'oxygène pour se développer.

sécurité réalisables et vérifiables ; les agents gazeux seuls (ex. NOVEC 1230) ne peuvent pas maîtriser un incendie sur un système de stockage stationnaire (Arizona, Drogenbos, ...) » ;

- « la propagation d'un incident survenu sur un container est généralement limitée aux conteneurs les plus proches (voir collés) ; la propagation à l'ensemble d'un site n'a pour l'instant jamais été observée » ;
- « la préparation d'un plan d'intervention d'urgence est primordiale : informations opérationnelles communiquées aux intervenants de secours, stratégie d'intervention, mise en sécurité de l'installation (ex. isolation électrique), besoin en eau, formation, etc. (Arizona, Liverpool, Beijing, Perles et Castelet) » ;
- « une exploitation à distance d'un système de stockage stationnaire peut présenter un risque potentiel spécifique qui doit être analysé (Liverpool) » : l'incendie²⁴⁴, qui n'a pas provoqué de victimes, est survenu en septembre 2020 dans un conteneur de batteries de lithium ion : une explosion s'est produite avant l'arrivée des pompiers projetant des éléments à plus de vingt mètres. L'installation située à Liverpool était gérée depuis le Danemark. Le système d'extinction automatique s'est donc déclenché mais le système d'extinction présent (NOVEC 1230) n'a pas démarré et le report d'alarme était défaillant : les pompiers ont donc été appelés par les voisins de l'installation. L'intervention des pompiers a duré 60 heures.

²⁴⁴ <https://www.energy-storage.news/fire-at-20mw-uk-battery-storage-plant-in-liverpool/>

Annexe 3 . Les différents types et modes de recharge et leurs protections

3.1 Les différents types de recharge

Les définitions suivantes sont extraites du décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques²⁴⁵ :

- « *Véhicule électrique* » : un véhicule à moteur équipé d'un système de propulsion comprenant au moins un convertisseur d'énergie sous la forme d'un moteur électrique non périphérique équipé d'un système de stockage de l'énergie électrique rechargeable à partir d'une source extérieure ;
- « *Infrastructure de recharge* » : l'ensemble des matériels, tels que circuits d'alimentation électrique, bornes de recharge ou points de recharge, coffrets de pilotage et de gestion, et des dispositifs permettant notamment la transmission de données et le cas échéant la supervision, le contrôle et le paiement, qui sont nécessaires à la recharge ;
- « *Station de recharge* » : une zone comportant une borne de recharge associée à un ou des emplacements de stationnement ou un ensemble de bornes de recharge associées à des emplacements de stationnement, exploitée par un ou plusieurs opérateurs ;
- « *Borne de recharge* » : un appareil fixe raccordé à un point d'alimentation électrique, comprenant un ou plusieurs points de recharge et pouvant intégrer notamment des dispositifs de communication, de comptage, de contrôle ou de paiement ;
- « *Point de recharge* » : une interface associée à un emplacement de stationnement qui permet de recharger un seul véhicule électrique à la fois ;
- « *Réseau d'infrastructures de recharge* » : un ensemble de stations de recharge installées à l'initiative d'un même aménageur ou installées à l'initiative ou sur les dépendances d'une même enseigne commerciale ;
- « *Pilotage de la recharge* » : capacité à moduler la puissance appelée ou à programmer la recharge d'un véhicule électrique ;
- « *Point de recharge bidirectionnel* » : un point de recharge est dit bidirectionnel lorsqu'il permet la recharge d'un véhicule électrique ainsi que la restitution éventuelle au réseau électrique d'une partie de l'énergie stockée dans le véhicule ;
- « *Point de recharge normale* » : un point de recharge permettant le transfert d'électricité vers un véhicule électrique à une puissance inférieure ou égale à 22 kW ;
- « *Point de recharge rapide ou à haute puissance* » : un point de recharge permettant le transfert d'électricité vers un véhicule électrique à une puissance supérieure à 22 kW ;
- « *Ouvert au public* » : caractérise une infrastructure de recharge ou une station de recharge ou un point de recharge situé sur le domaine public ou sur un domaine privé, auquel les utilisateurs ont accès de façon non discriminatoire. L'accès non discriminatoire n'interdit pas d'imposer certaines conditions en termes d'authentification, d'utilisation et de paiement.

²⁴⁵ Décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs.

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033860620/>

3.2 Les protections liées à un point de recharge normale

L'article 3 du même décret modifié précise les conditions à remplir pour la mise en place d'un point de recharge normal : « Un point de recharge normale en courant alternatif dispose, à des fins d'interopérabilité, au minimum d'un socle de prise de courant de type 2 ou d'un connecteur de type 2, tels que décrits dans la norme NF EN 62196-2. Dans le cas où le point de recharge est rattaché au point de livraison électrique d'un bâtiment, ce socle de prise ou ce connecteur satisfait aux exigences de sécurité de la NF-C15-100.

Par dérogation au premier alinéa, les dispositifs de recharge d'une puissance inférieure ou égale à 3,7 kW installés dans un bâtiment d'habitation privé ou dans une dépendance d'un bâtiment d'habitation privé et qui ne sont pas accessibles au public peuvent utiliser uniquement un socle de prise de courant de type E, tel que décrit dans la norme NF C61-314, adapté à la recharge d'un véhicule électrique. Lors de l'utilisation de ces prises, l'intensité de charge est limitée à 8A par le dispositif de recharge du véhicule ou à la valeur déclarée lors de l'utilisation de produits spécifiques dédiés à la recharge des véhicules électriques.

Par dérogation au premier alinéa, les exigences requises pour la configuration de points de recharge normale bidirectionnelle en courant continu sont définies par arrêté des ministres chargés de l'énergie et des transports.

Les dispositifs utilisés pour la recharge d'un véhicule électrique d'une puissance inférieure ou égale à 3,7 kW dont la fonction principale n'est pas de recharger des véhicules électriques et qui ne sont pas accessibles au public sont équipés d'un socle de prise de courant supportant la recharge des véhicules électriques ».

3.3 Les protections liées à un point de recharge rapide ou à haute puissance

L'article 5 du même décret modifié précise les conditions à remplir pour la mise en place d'un point de recharge rapide ou à haute puissance : « Un point de recharge à haute puissance en courant continu ouvert au public dispose, à des fins d'interopérabilité, au minimum d'un connecteur de type Combo2 tel que décrit dans la norme NF EN 62196-3. Un point de recharge à haute puissance en courant alternatif ouvert au public dispose, à des fins d'interopérabilité, au minimum d'un connecteur de type 2 tel que décrit dans la norme NF EN 62196-2.

Une station de recharge à haute puissance ouverte au public installée ou modifiée par extension ou remplacement de borne jusqu'au 31 décembre 2024 dispose :

- d'un point de recharge doté d'un connecteur de type 2 tel que décrit dans la norme NF EN 62196-2 permettant la recharge à une puissance minimale de 22 kW ;
- d'un point de recharge doté d'un connecteur Combo2 tel que décrit dans la norme NF EN 62196-3 permettant la recharge à haute puissance en courant continu.

Cette obligation peut être assurée par des bornes de recharge à haute puissance différentes installées au sein de la même station. Ces bornes complémentaires peuvent être exploitées, le cas échéant, par délégation de l'aménageur initial, par un opérateur tiers d'infrastructure de recharge.

3.4 Les différents modes de recharge

On distingue classiquement 4 modes de recharge. Le texte qui suit est directement copié du *Code de bonne pratique de la Sécurité Incendie* sur le thème des Véhicules Électriques dans les parkings réalisé par le *Fireforum asbl*.

a) Mode 1

Le mode 1 est une méthode de connexion d'un véhicule électrique à une prise standard d'un système d'alimentation en courant alternatif à l'aide d'un câble et d'une fiche qui ne sont pas équipés d'une

commande supplémentaire ou d'un contact auxiliaire.

Les valeurs de courant et de tension nominaux ne doivent pas dépasser :

- 16A et 250 V de courant alternatif monophasé ;
- 16 A et 480 V en courant alternatif triphasé.

Le système d'alimentation électrique du véhicule prévu pour le mode de charge 1 doit comporter un conducteur de mise à la terre entre la fiche standard et la prise du véhicule.

La limite de courant est déterminée par la prise installée qui doit être conforme à la réglementation.

b) Mode 2

Le mode 2 est un procédé de connexion d'un véhicule électrique à une prise standard d'un système d'alimentation en courant alternatif à l'aide d'un câble et d'une fiche, avec une fonction de contrôle et munis d'une protection contre les chocs électriques placée entre la prise standard et le véhicule électrique.

Les valeurs nominales du courant et de la tension ne doivent pas dépasser :

- 32 A et 250 V en courant alternatif monophasé ;
- 32 A et 480 V en courant alternatif triphasé.

La limite de courant est déterminée par la prise installée qui doit être conforme à la réglementation.

Le système d'alimentation du véhicule électrique prévu pour le mode de charge 2 doit prévoir un conducteur de protection entre la fiche standard et la prise du véhicule.

Les équipements du mode 2 destinés à être montés sur un mur mais amovibles par l'utilisateur, ou destinés à être utilisés dans une enceinte antichoc, doivent utiliser les dispositifs de protection requis par la norme CEI 62752.

c) Mode 3

Le mode 3 est un procédé de connexion d'un véhicule électrique à un système de courant alternatif pour véhicules électriques qui est branché en permanence à un réseau de courant alternatif, avec une fonction de commande de direction entre le boîtier d'alimentation du véhicule et le véhicule en charge.

Le système électrique des véhicules électriques destinés au mode de charge 3 doit être équipé d'un conducteur de mise à la terre relié à la prise électrique et/ou à la prise du véhicule.

d) Mode 4

Le mode 4 est une méthode de connexion d'un véhicule électrique à un système d'alimentation en courant alternatif ou continu en utilisant le système de courant continu du véhicule électrique, avec une fonction de contrôle allant du système de chargement à courant continu au véhicule électrique.

Le matériel du mode 4 peut être soit connecté en permanence à l'alimentation électrique, soit connecté à l'alimentation électrique avec un câble et une fiche.

Le système d'alimentation électrique du VE destiné à la charge en mode 4 doit fournir un conducteur de mise à la terre ou un conducteur de protection à la prise mobile du véhicule.

Des exigences supplémentaires pour le système d'alimentation en courant continu des systèmes d'alimentation des VE sont données dans la norme CEI 61851-23.

Annexe 4 . Les réglementations étrangères

La mission a mené une analyse de la réglementation étrangère à partir de la littérature existante mais aussi grâce au retour des services économiques présents dans certaines ambassades (Allemagne, Pays-Bas, Italie, Suède). De cette analyse ressortent les éléments suivants :

- Les deux incendies survenus sur des parkings couverts, ouverts en façades, à Liverpool, en décembre 2017 et sur l'aéroport de Stavanger à Sola, en janvier 2020, ont conduit à une prise de conscience brutale, principalement de la communauté anglo-saxonne du feu, que les dispositifs de protection contre l'incendie utilisés dans certains parkings n'étaient plus adaptés. C'est à la suite de ces incidents que les pompiers américains ont réalisé une analyse du risque incendie dans les parkings et ont souligné l'évolution de la composition des véhicules actuels. Celle-ci a conduit à un renforcement aux États-Unis du déploiement du *sprinklage* dans les parkings couverts qui n'étaient pas équipés ainsi que dans les parkings ouverts et à un programme de recherche complémentaire pour mieux apprécier notamment l'efficacité du *sprinklage* dans les parkings ouverts. Un certain nombre de pays vont donc renforcer la protection incendie de leurs parkings pour cette raison ;
- les Pays-Bas renforcent également la protection des parkings situés sous des espaces destinés à d'autres utilisations;
- au-delà des normes relatives à l'installation des bornes de recharge et du réseau électrique, aucun pays (hormis la Belgique) ne prend de mesures particulières sur la protection incendie dans les parkings liée à la présence de véhicules électriques. La mission n'a pas trouvé de prescriptions particulières relatives à la protection incendie des parkings en relation avec le déploiement de bornes de recharges rapides ;
- la Norvège qui est le pays qui compte aujourd'hui en Europe le plus fort pourcentage de véhicules électriques ne prend pas de dispositions particulières, mais insiste très fortement sur la nécessité d'utiliser les câbles de recharge fournis par le constructeur et d'éviter de recharger un véhicule sur des prises non adaptées ou en utilisant des rallonges ;
- la Belgique, comme le montre le texte ci-dessous, constitue un cas à part par son souci de traiter la question de l'incendie dans les parkings : ceci a conduit la Région de Bruxelles-capitale à imposer le *sprinklage* à l'occasion des premiers déploiements de bornes de recharge, puis à considérer que les règles qu'elle avait retenues en matière de protection incendie pour l'implantation de bornes de recharge dans les parkings étaient excessives²⁴⁶ et à revenir en arrière en 2020. En parallèle, le Ministère de l'Intérieur belge a renforcé les mesures de protection contre l'incendie dans les parkings existants pour tenir compte de l'évolution des matériaux présents dans les véhicules thermiques actuels et a participé dans le cadre du *Fireforum* asbl à la définition d'un Code de bonne pratique contenant un ensemble cohérent de règles de sécurité incendie pour les véhicules électriques dans les parkings.

De manière plus précise,

- aux États-Unis, la version 2019 du règlement 88A de la *National Fire Prevention Association*, NFP²⁴⁷ relative à la protection incendie des parkings de véhicules stipulait que les parkings ouverts, probablement considérés comme plus faciles d'accès et comme n'étant pas susceptibles de donner naissance à une couche de gaz chauds favorable à la propagation du

²⁴⁶ <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/juridique/bornes-nouvelles-regles-incendie-bruxelles-parking-siamu.html>

²⁴⁷ NFPA : la NFPA est un organisme américain fondé en 1986 dans le but de lutter contre les dommages physiques et matériels dus aux incendies. Elle réalise entre autre des normes de sécurité pour lutter contre ces dommages et autres risques (source <https://www.nfpa.org>). Plus de 300 codes et standards ont été publiés à ce jour par la NFPA.

feu, n'étaient pas tenus d'avoir un système de sprinklers automatiques (NFPA 88A, 6.4.4²⁴⁸) ni un système d'alarme incendie (NFPA 88A, 6.6.3). Par contre, les niveaux des parkings fermés devaient en être équipés (NFPA 88A, 6.4.2²⁴⁹) a) s'ils étaient situés sous le niveau du sol, ou b) s'ils mesuraient plus de 15 m de haut et n'étaient pas entièrement constitués de matériaux incombustibles ou à résistance au feu limitée. Cet équipement s'imposait également pour l'ensemble des parkings situés au rez-de-chaussée, dans un étage plus élevé, à l'intérieur ou directement sous un bâtiment utilisé pour une autre destination (NFPA 88A, 6.4.3²⁵⁰). De plus, l'édition 2019 du règlement NFPA 13 relatif aux normes d'installation des sprinklers classait les parkings de véhicules automobiles (NFA 13, A4.3.3.) comme relevant de la catégorie des dangers ordinaires (groupe un), qui se compose d'espaces avec une quantité modérée et une faible combustibilité du contenu.

Les deux feux de Liverpool et de Stavanger à Sola vont dès lors conduire à un net renforcement de la protection incendie : l'édition 2022 du règlement NFPA 13 reclasse les parkings de véhicules à un niveau plus élevé et surtout la version 2023 du règlement 88A impose désormais l'installation de sprinklers automatiques dans tous les parkings (NFPA 88A, 6.4.1²⁵¹).

Il convient de souligner que la réglementation NFPA (NFPA 88A, NFPA 70, J 1775) n'impose actuellement aucune condition particulière sur la charge des véhicules électriques dans les parkings ;

- en Allemagne, depuis décembre 2020, la loi sur la modernisation de l'habitat (WEMoG) permet au propriétaire d'un appartement d'exiger l'installation d'un dispositif de recharge dans le parking souterrain ou sur une place de parking sur le terrain du complexe résidentiel. Avant que ne soit installée la borne de recharge, une entreprise d'électricité agréée par le fournisseur d'énergie régional doit cependant vérifier si la puissance de raccordement disponible et le réseau électrique existant sont adaptés, ce qui conduit généralement à un renforcement du circuit électrique en amont de la prise.

Les installations de recharge certifiées sur les places de stationnement peuvent être acceptées dans les parkings souterrains en tant qu'éléments nécessaires au fonctionnement et au stationnement des véhicules. Aucune réglementation particulière en matière de protection contre l'incendie ne s'applique lors de la recharge de véhicules électriques. L'Association allemande des pompiers considère²⁵² en effet « Les véhicules électriques certifiés présentent des dangers largement comparables à ceux des véhicules avec d'autres types de propulsion ». L'Association allemande des assurances (GDV) a déclaré en mars 2021 que les véhicules électriques ne présentent pas un risque de sécurité plus grand que les véhicules à essence ou diesel.

Le GDV donne cependant un certain nombre de conseils de prudence dans l'installation des

²⁴⁸ « 6-4-4 : Automatic sprinkler systems shall not be required in open parking structures ».

²⁴⁹ « 6-4-2 : Automatic sprinkler systems shall be installed in portions of enclosed parking structures, the ceilings of which are less than 600 mm (24 in.) above grade, regardless of type of construction, and in enclosed parking structures or Type III or Type IV construction over 15 m (50 ft) in height ». <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=88A>

²⁵⁰ « 6-4-3 : Automatic sprinkler systems shall be installed in enclosed parking structures located at or above grade, or within or immediately below a building used for another occupation », <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=88A>

²⁵¹ « 6-4-1 : Automatic sprinkler systems shall be installed in all parking structures in accordance with NFPA 13 and NFPA 13 R as applicable ». <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=88A>

²⁵² Évaluation des risques des supports de stockage lithium-ion, Association allemande des pompiers, 2018 : https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2020/05/2018-01_Fachempfehlung_Risikoeinschaetzung-Lithium-Ionen-Speichermedien.pdf

bornes de recharge²⁵³ notamment celui consistant à installer les bornes de recharge à une distance suffisante des façades isolées avec du polystyrène ;

- aux Pays-Bas, la réglementation ne prévoit pas aujourd'hui d'exigences spécifiques en matière de sécurité incendie pour la recharge ou le stationnement des véhicules électriques dans les parkings : l'infrastructure de recharge relève simplement des installations électriques du bâtiment et doit être conforme à la norme NEN1010²⁵⁴. Cependant, à la suite d'une demande des sapeurs-pompiers qui estimaient leur intervention trop risquée dans des parkings souterrains non équipés d'un système d'extinction automatique à eau, le gouvernement vient de proposer au Parlement d'adopter un texte obligeant la mise en place de ces équipements dans les parkings situés sous des immeubles de grande hauteur à vocation résidentielle ou hôtelière ;
- le Royaume-Uni reste d'abord marqué par l'incendie de la tour Grenfell, survenu le 14 juin 2017 dans un immeuble de logements sociaux de 24 étages, situé dans le district de North Kensington à Londres : cet accident a en effet conduit à la mort de plus de 70 personnes. Le règlement relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments²⁵⁵ a donc été repris plusieurs fois ces dernières années pour en tenir compte. Le chapitre relatif à la protection incendie des parkings (*Section 11: Special provisions for car parks*) les classe en trois catégories suivant le système de ventilation dont ils disposent (parking ouvert, ventilation naturelle, ventilation mécanique) : il ne contient cependant aucune disposition spécifique au véhicule électrique. Une loi a été votée en 2018 pour préciser l'organisation des infrastructures publiques de recharge pour les véhicules autonomes et électriques²⁵⁶ : elle ne contient cependant aucune disposition technique relative aux conditions dans lesquelles se déroule la recharge d'un véhicule ;
- la réglementation norvégienne impose pour les garages de stationnement, les parkings et les sous-sols de stationnement, la présence de systèmes d'alarme incendie lorsque la surface brute totale est supérieure à 1 200 m². De manière alternative, un système d'arrosage automatique peut être installé. Les parkings dits ouverts et dont la surface de stationnement la plus élevée est à moins de 16 mètres au-dessus du niveau moyen du sol peuvent toujours être construits sans système d'alarme incendie ou système d'arrosage automatique si les ouvertures sont positionnées de manière à obtenir une bonne ventilation. Les Norvégiens insistent également fortement sur la recharge : le câble de charge ne doit pas être prolongé à l'aide de rallonges en raison du risque de détérioration et de surchauffe ;
- l'Italie n'impose pas non plus le *sprinklage* pour la recharge des véhicules électriques dans les parkings. La circulaire du Ministère de l'Intérieur et du Service des incendies régissant les installations de bornes de recharge pour véhicules électriques en parking indique que les infrastructures de recharge ne font pas a priori partie des activités soumises aux contrôles de prévention des incendies et précise les conditions à respecter pour la borne de recharge et le raccordement à celle-ci. Particularité notable : son point quatre prévoit que dans les parkings

²⁵³ La GDV donne toutefois un certain nombre de recommandations pour une protection efficace contre les incendies : a) l'accès des pompiers à la propriété et au parking souterrain devrait être facilement possible ; b) la borne de recharge doit être placée dans un endroit facilement accessible, par exemple près de l'entrée ou de la sortie ; c) En aucun cas, les véhicules défectueux ne doivent être garés dans un garage fermé ; d) des systèmes d'alarme incendie et de gicleurs ou un approvisionnement adéquat en eau d'extinction peuvent empêcher le feu de se propager rapidement aux véhicules voisins ; e) les bornes de recharge doivent être installées à une distance suffisante des façades isolées avec du polystyrène (également du polystyrène) ; f) les matières inflammables ne doivent pas être entreposées près des bornes de recharge.

²⁵⁴ *Electrical installations for low-voltage* - Dutch implementation of the HD-IEC 60364 series <https://www.nen.nl/en/nen-1010-2020-nl-272897>

²⁵⁵ *Approved Document B (fire safety) volume 2: Buildings other than dwellings, 2019 edition incorporating 2020 amendments*, <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b>

²⁵⁶ *Automated and Electric Vehicles Act 2018*. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/18/contents/enacted>

payants souterrains ou de surface : les bornes de recharge soient concentrées dans une seule zone/un seul secteur. Dans le cas de parkings à plusieurs étages ou compartimentés, la zone/secteur doit être située à l'étage ou dans le compartiment qui présente les conditions les plus favorables pour une opération de lutte contre l'incendie : la priorité » doit ainsi être donnée au niveau de référence.

Selon une étude réalisée par des techniciens du corps des sapeurs-pompiers, des fabricants d'infrastructures de recharge de véhicules électriques, des chercheurs et des professionnels de la lutte contre l'incendie, les véhicules électriques ne présentaient pas en 2018 un niveau de risque d'incendie et/ou d'explosion plus élevé que les véhicules traditionnels ;

- en Suède, les bâtiments résidentiels neufs avec plus de 10 places de stationnement dans le bâtiment ou sur le site doivent être équipés d'un câblage permettant le raccordement ultérieur de toutes les places de stationnement. L'Agence nationale du logement, de la construction et de la planification (Boverket)²⁵⁷ considère qu'à l'heure actuelle, rien n'indique que le risque des véhicules électriques diffère de celui des voitures traditionnelles à un point tel qu'il entraînerait des modifications des réglementations de construction actuelles en matière de protection contre les incendies et que les mesures de protection contre l'incendie applicables pour les grands garages sont suffisantes pour les garages contenant des véhicules électriques et disposant de bornes de recharge ;
- en Belgique, la prévention de l'incendie est une compétence de l'État fédéral. Il peut dès lors adopter les normes de base de prévention de l'incendie communes à une ou plusieurs catégories de constructions, indépendamment de leur destination. À côté de ces normes de base, il existe des normes sectorielles adoptées par l'État fédéral, les Régions, les Communautés et les communes, en fonction des compétences propres à ces entités. Ces normes spécifiques viennent compléter les normes de base fédérales.

En 2021, la Région de Bruxelles-capitale a considéré que les règles qu'elle avait retenues en matière de protection incendie pour l'implantation de bornes de recharge dans les parkings étaient excessives²⁵⁸ : celles-ci imposaient une distance de moins de 45 mètres entre les bornes de recharge pour voitures électriques et les entrées et sorties du parking. Un système d'extinction automatique de type sprinkler était également nécessaire. Le nouvel arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale de février 2021²⁵⁹ fixant des conditions générales et spécifiques d'exploitation applicables aux parkings de Bruxelles-Capitale allège donc la protection incendie (suppression de l'obligation de distance entre la borne et l'entrée du parking, assouplissement de la répartition des bornes en fonction des étages, suppression de l'obligation de *sprinklage* mais détecteurs de fumée et de CO₂ pour les parkings de plus de 1 250 m² en dessous du niveau -1). L'installation de bornes rapides dans les parkings souterrains est cependant toujours valable. Cette évolution de la réglementation est cependant contestée : l'incendie survenu début mars 2022 d'un véhicule électrique (Volkswagen ID.3 non en charge) dans un parking souterrain de la capitale belge a conduit à une forte protestation d'un syndicat de pompier belge qui dénonce le manque de formation dont souffrirait sa profession et qui réclame l'interdiction de ce type de véhicule dans les parkings souterrains²⁶⁰.

En parallèle, la Direction générale Sécurité Civile – Prévention Incendie du Service Public Fédéral Intérieur a publié début mai 2022 un projet de révision de « *l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion,*

²⁵⁷ <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/laddning-av-elfordon/brandrisker-vid-laddning-av-elfordon/>

²⁵⁸ <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/juridique/bornes-nouvelles-regles-incendie-bruxelles-parking-siamu.html>

²⁵⁹ https://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2021022505&table_name=loi

²⁶⁰ <https://www.largus.fr/actualite-automobile/voiture-electrique-des-pompiers-belges-veulent-la-bannir-en-sous-sol-10850413.html>

auxquelles les bâtiments doivent satisfaire »²⁶¹ : celui-ci a été approuvé en mars par le conseil des ministres et entrera en vigueur le 1er juillet 2022. Il renforce la protection incendie dans les parkings *de manière générale* mais ne traite pas de la présence des véhicules électriques. Le site de la direction générale justifie ainsi cette évolution : « En cas d'incendie dans les parkings souterrains, les risques croissants dus à l'évolution des véhicules provoquent des incendies de plus en plus difficiles à combattre pour les pompiers. L'augmentation de l'utilisation de plastiques dans les véhicules, l'utilisation de carburants alternatifs et les innovations dans la construction des garages eux-mêmes modifient les risques d'incendies de véhicules dans les parkings souterrains. C'est pourquoi il est absolument nécessaire de changer les prescriptions concernant les parkings ». Le nouveau point 3 de l'annexe 7 de l'arrêté royal du 7 juillet 1994 contient des exigences en matière de sécurité incendie dans les parkings qui tiennent compte de la superficie et de la profondeur du parking. Cette réglementation qui repart d'une feuille blanche contient plusieurs principes intéressants :

- introduit (Annexes 2/1, 3/1, 4/1) une notion de « boîte » correspondant au volume (compartiment) dans lequel vient se placer le parking et impose pour celle-ci des prescriptions à respecter qui changent en fonction de la hauteur du bâtiment (bas(BB), moyen(BM), élevé (BE)) : ces prescriptions viennent ainsi renforcer la « boîte »²⁶². Un parking, même à plusieurs niveaux communicants, peut constituer ainsi un compartiment dont la superficie n'est pas limitée. Un parking s'étendant sous plusieurs bâtiments peut correspondre à une même boîte : si deux bâtiments mitoyens ont des parkings contigus, on peut "détruire" la paroi mitoyenne ;



Figure 17 : les huit cases en bas à gauche correspondent à la boîte contenant le parking et constituent autant de sous-compartiments, Source : Service public fédéral intérieur belge

- elle utilise un principe de progressivité globale du niveau d'exigence : celui-ci est ainsi fonction de la profondeur du parking, de la superficie totale du parking et de son plus grand sous-compartiment ;
- elle introduit un principe de sous-compartimentage destiné à ralentir la propagation

²⁶¹ Voir <https://www.securitecivile.be/fr/arrete-royal-du-7-juillet-1994-fixant-les-normes-de-base-en-matiere-de-prevention-contre-lincendie> et <https://www.securitecivile.be/fr/projet-de-modification-de-l-arrete-royal-du-7-juillet-1994-fixant-les-normes-de-base-en-matiere-de-prevention-contre-lincendie>

²⁶² Les prescriptions dépendent de la hauteur du bâtiment : a) Structure: R120 (BB, BM) | R 240 (BE) b) Enveloppe: EI 60 (BB, BM) | EI 120 (BE), c) Accès: sas 2x EI1 30 OU porte EI1 60

de l'incendie et à limiter la superficie sinistrée : une subdivision automatique des niveaux de parking en plusieurs sous compartiments se met en place en cas d'incendie ;

- elle impose la mise en place d'une installation de détection incendie et d'alarme (conforme à la norme NBN S 21 100 1) sauf pour les parkings sans installation de protection active (correspondant à des très petits parkings sans type de protection exigé (≤ 250 ou 625 m^2) ainsi qu'à des parkings exclusivement de type "Baie de ventilation" ou " Ouvert" (sans sous-compartimentage, sans portes à fermeture automatique, sans ascenseurs voitures) et sauf pour les parking déjà équipés d'une installation de *sprinklage* qui peut assurer la fonction de détection automatique d'incendie. Le réseau de canalisations de l'installation de *sprinklage* est équipé d'indicateurs de passage d'eau et/ou de pressostats qui subdivise le réseau en zone de détection ;
- elle impose la mise en place d'un dispositif d'extraction de fumées et de chaleur ainsi que d'un *sprinklage* notamment pour les niveaux de parkings les plus bas (plus de 21 mètres sous le sol) ainsi que pour les parkings d'une surface supérieure à $60\,000 \text{ m}^2$ ou dont le plus grand sous-compartiment occupe une surface supérieure à $5\,000 \text{ m}^2$.

La direction générale de la sécurité civile indique que le risque incendie lié aux véhicules électriques sera traité lors d'une prochaine étape et qu'il existe déjà un code de bonne pratique, rédigé par *Fireforum* avec la participation du Service Public Fédéral Intérieur. Dans un contexte de vifs débats sur l'introduction de bornes de recharge dans les parkings, le *Fire Forum ASBL* qui rassemble les acteurs de la communauté du feu belge²⁶³, « a pris l'initiative, avec toutes les parties concernées, de rédiger un Code de bonne pratique contenant un ensemble cohérent de règles de sécurité incendie pour les véhicules électriques dans les parkings, aussi bien sur le plan technique qu'organisationnel »²⁶⁴.

Dans son raisonnement, ce code de bonne pratique s'appuie sur l'arrêté royal en cours de révision ainsi que sur des constats très similaires à ceux présentés dans les chapitres précédents :

- « Sur base des données actuellement disponibles, ni la charge calorifique ni le risque d'incendie pendant le stationnement ne semblent être plus élevés pour les véhicules électriques ou hybrides que pour les véhicules récents à moteur à combustion ».
- « Pendant le rechargement, nous supposons, par prudence, que le risque d'incendie est légèrement plus élevé et ce, en raison du manque de données disponibles (ou récoltées) ».

Ses principales règles sont les suivantes :

- le parking doit être équipé de volets et de portes coupe-feu pour éviter la propagation d'un éventuel incendie à d'autres espaces. Il doit également être équipé, à l'entrée, d'un bouton d'urgence destiné aux pompiers qui permet de couper instantanément l'alimentation électrique de l'ensemble des bornes ;
- les bornes en elles-mêmes ne représentent pas de risques spécifiques, excepté une

²⁶³ Ce code de bonne pratique a été élaboré en tenant compte de toutes les parties concernées (utilisateurs, opérateurs, concep-teurs, installateurs, autorités, ... spécialisés ou non, avec ou sans connaissances préalables) et a été validé par les membres du Fireforum asbl (AGORIA, BVV - Association des pompiers de Flandre, Firepronet, ISIB, PFFA, SPF IBZ, KCCE, Bepobel, Prebes, Fedustria, essencia PolyMat-ters, NAV, ORI, Netwerk Brandweer, BouwUnie, CSTC) et des représentants d'autres organisations et secteurs tels que : Pompiers Bruxelles, Assuralia et acteurs du secteur de l'assurance, EV Belgium, RéZonWal, Volta, Low Emission Mobility Platform.

²⁶⁴ Voir sur ce point la réponse de décembre 2021 à une question écrite du parlement de wallonie effectuée par le Ministre du Climat, de l'Energie et de la Mobilité, HENRY Philippe, <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&iddoc=108261>

éventuelle surchauffe lors de la recharge en cas de défaut. Mais le propriétaire des lieux doit respecter certaines mesures pour empêcher les véhicules de heurter et d'endommager les unités de chargement. Cela passe notamment par l'installation de butées d'arrêt au sol, de protections contre les collisions autour de la borne et un positionnement de la station à une hauteur suffisante hors de portée d'un véhicule si celle-ci est posée contre un mur ; particulier, les mesures nécessaires doivent être prises pour empêcher les véhicules de rentrer en contact avec les unités de chargement en utilisant, entre autres, les moyens suivants ;

- Le guide déconseille l'utilisation des modes de chargement 1 et 2 dans les parkings sont de préférence évités pour les raisons suivantes : a) la sécurité incendie n'est pas maîtrisée car le courant de charge demandé dépend de l'utilisateur ; b) l'utilisateur est inconnu, ce qui rend impossible la facturation pour le consommateur ; c) le contrôle de l'énergie est impossible, ce qui peut conduire à une coupure non désirée ; d) les flux d'énergie dans les deux sens sont impossibles car le gestionnaire de réseau interdit de renvoyer de l'énergie par une prise ; e) la charge est très lente et prend donc beaucoup de temps. Il ne les exclut pas mais recommande la mise en place de mesures supplémentaires ;
- Le guide recommande de préférence, l'utilisation du seul mode 3 : le mode de charge 4 est cependant autorisé que si des conditions supplémentaires sont mises en œuvre²⁶⁵. L'installation d'un détecteur incendie conforme à la norme NBN S 21-100-1) n'est par contre obligatoire que dans le cas où les bornes installées ont une capacité de recharge supérieure à 50 kW ;
- En fonction de la taille du parking, l'installation d'un système de ventilation pourra être nécessaire.

²⁶⁵ Les réglementations de la zone de secours territorialement compétente doivent être respectées de même que les exigences de l'assureur.

Annexe 5. Les différentes réglementations existantes aujourd'hui en France pour les parkings couverts : quelques éléments de comparaison

Le tableau ci-dessous, fourni par le BPRI, donne une première tentative de comparaison des réglementations relatives aux différents types de parcs de stationnement possibles. Il ne comprend pas en particulier les parcs de stationnement ERP largement ventilés ni les parcs de stationnement situés dans ou sous des IGH. Même s'il est incomplet, la mission a souhaité le faire figurer dans ce rapport : il permet en effet d'illustrer la diversité des approches actuelles dans la protection des parcs de stationnement contre l'incendie. Le lecteur trouvera de plus dans la dernière colonne la position de la mission sur l'évolution possible de ces réglementations qui doivent être homogénéisées dans toute la mesure du possible ?

	ICPE	ERP	BUP	HAB	Observations mission
Seuil	>6000 mètres ²	+ de 10 VL	1 VL	>100 m ²	Homogénéiser
Activités autorisées	Aucune exigence	-Aire de lavage -Montage d'accessoires automobiles, -location de véhicules, -location et stationnement de cycles, -charge de VL électriques	Exclusivement affecté au remisage de véhicule à essence ou à gasoil	A l'exclusion de toute autre activité	Activités multiples autorisées dans les habitations avec évolution des risques (stockage) Aggravation sauf si EAE
Typologie de véhicules visés	Non explicite	Véhicules à moteur	Véhicules essence ou gasoil	Non explicite	
Mesures spécifiques pour les véhicules électriques ou à hydrogène	non	Oui dans le guide PS -implantation des recharges de véhicules électrique -recommandation de stationnement à l'air libre des véhicules hydrogène	non	non	IRVE non prévues sauf ERP Mise à jour des règlements HAB, ICPE, IGH
Stabilité au feu maximum < 28 mètres	SF°1H30	SF°2H ou R120 SF°1H30 ou R90 si présence EAE (extinction	SF1H30	SF1H30	Même risque = même protection

	ICPE	ERP	BUP	HAB	Observations mission
		automatique à eau) SF°1H si EAE + autres critères			
Surveillance	Par un personnel qualifié	+ de 1000 VL	non	non	Surveillance à distance dans un centre déporté à étudier
Alarme (en infrastructure)	oui	oui	Si + de 3 niveaux	Si + de 2 niveaux	Généraliser alarme
Extinction Automatique Eau (EAE)	Aucune exigence	A partir du 3 ^{ème} niveau	A partir du R-6	A partir de R-3 si pas de DAI et + R-3 ou du R-6	EAE à généraliser pour ERP nouveaux, IGH, Modulation Colonne sèche horizontale HAB,
Ventilation Désenfumage	600 m3/H/VL Moteur fonction 200°C pendant 1 H	900 m3/H Si EAE 600 m3/H Moteur fonction à 400°C pendant 2 heures	Ventilation et pas de désenfumage	600 m3/H Moteur fonction 200°C pendant 1 H	Durcir durée de fonctionnement des ventilateurs
Contrôle par les pouvoirs publics	A la diligence des inspecteurs des installations classées	Seuil à + de 250 véhicules tous les 5 ans ou contrôle effectué lors de la visite périodique ERP annexé par commission de sécurité	Aucun	1 fois dans les 3 ans après construction sur un principe d'échantillonnage	Uniformiser contrôle par commissions de sécurité avec périodicité à définir suivant type
Accessibilité Voie engins Services secours	Pas d'exigence	Au moins 1 voie engins	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Voie engin à prévoir
Planchers séparatifs <28m / 2 niveaux	CF1H30	CF2 heures ou REI 120 CF1H30 ou REI 90 si EAE CF1H ou REI 60 si EAE + autres critères	CF 1H30	CF1H30 avec possibilité dalle CF1H	Même risque = même niveau d'isolement / 1/3

	ICPE	ERP	BUP	HAB	Observations mission
Parois	CF2H CF3H si ERP CF4H si IGH	Au minimum CF1H CF4H si IGH	CF2H CF3H si ERP CF4H si IGH	CF2H	Même risque = même niveau d'isolement / 1/3
Superficie des compartiments de chaque niveau (en infrastructure)	<3000m2 au max 3600 m2	<3000m2 6000m2 si EAE	<3000m2	<3000m2	Compartimentage délimitant la zone de recharge rapide dans les parcs non munis d'EAE
Une seule issue à chaque niveau (distance max à parcourir)	<25m	<25m	<25m	<25m	Homogénéité
Deux issues à chaque niveau (distance max à parcourir)	<40 m	<40m	<40m	<40m	Homogénéité
Escaliers	CF1/2H si R+1 Sinon CF1H	CF1H	CF1H	CF1H	Homogénéité
Conduite de gaz	interdit	Gaine CF2H ou conditions spéciales	interdit	Gaine CF2H	Différence liée à l'usage
Détection (en infrastructure)	oui	>1000VL et PSLV	A partir du 3 ^{ème} niveau si + de 5 niveaux	A partir du R-3, si pas EAE et + de 4 niveaux	Généralisation tous niveaux
Eclairage de sécurité	Nappe haute et basse	Nappe haute et basse	Nappe haute et basse	Oui sans précision	Homogénéité
Extincteurs	oui	oui	oui	oui	À conserver pendant période VL thermique et électrique
Caisse à sable	oui	oui	oui	oui	À conserver pendant période VL thermique et électrique Complément par Couverture

	ICPE	ERP	BUP	HAB	Observations mission
					anti feu (tissu fibre de verre)/ compartment
Colonne sèche (en infrastructure)	À partir du R+5 / R-4	+ de 3 niveaux	R+5/ R-4	+ de 3 niveaux	Etudier les colonnes sèches horizontales Habitation
Maintenance Technicien compétent (TC) Organisation Agréée (OA)	Installations électriques tous les 5 ans, installations de sécurité /an par TC	Installations électriques et de sécurité / 5 ans par un OA	Installations électriques / 5 ans par OA et TC pour installations de sécurité/an	Entretien annuel des installations de sécurité par un TC	Réaliser contrôle par OA ou Technicien agréé dans Habitation

Annexe 6 . Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
AC	Acronyme anglais pour <i>alternative current</i> : courant alternatif
BEA-TT	Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre
BMS	Acronyme anglais pour <i>Battery management system</i>
BPRI	Bureau de la prévention et de la réglementation incendie
BSPP	Brigade de sapeurs-pompiers de Paris
BUP	Bâtiment à Usage Professionnel
CCH	Code de la construction et de l'habitation
CEE-ONU	Commission économique pour l'Europe des Nations unies
CGEDD	Conseil général environnement et développement durable
CPL	Courant porteur en ligne
CTICM	Centre Technique Industriel de la Construction métallique
CTIF	Comité technique international de prévention et d'extinction du feu, dont l'appellation commune est : Association internationale des services d'incendie et de secours
DAAF	Détecteur avertisseur autonome de fumée
DC	Acronyme anglais pour <i>direct current</i> : courant continu
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DGSCGC	Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
DHUP	Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages
EDPM	Engins de déplacement personnel motorisés
EPI	Équipement de protection individuelle
ERP	Établissement recevant du public
ERT	Établissements Recevant des Travailleurs (ancienne dénomination remplacée désormais par le terme BUP, Bâtiment à Usage Professionnel)
Euro NCAP	Acronyme anglais pour <i>European New Car Assessment Program</i> , Programme européen d'évaluation des nouveaux véhicules
FNSPF	Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France, association rassemblant l'ensemble des sapeurs-pompiers professionnels et volontaires
Guide PS	Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public,
HF	Acide fluorhydrique
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement.
IGA	Inspection générale de l'administration
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
IRVE	Infrastructure de Recharge de Véhicule Électrique

Acronyme	Signification
LFP	Lithium-fer-phosphate
LOM	Loi d'orientation des mobilités
LTECV	Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015)
NCA	Nickel Cobalt Aluminium
NFPA	Acronyme américain pour <i>National Fire Prevention Association</i>
NHSTA	Acronyme américain pour <i>National Highway Traffic Safety Administration</i>
NMC	Nickel Manganese Cobalt
NTSB	Acronyme américain pour <i>National Transportation Safety Board</i>
PS	Parc de stationnement
PSc	Parc de stationnement couvert
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
TURPE	Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Électricité
Ve	Véhicule électrique
VP	Véhicule particulier
Vth	Véhicule thermique
VUL	Véhicule utilitaire léger

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)