

A large, decorative graphic on the right side of the page consists of several concentric, overlapping circular bands in shades of purple and lavender, creating a sense of depth and movement. The bands are not perfectly circular, with some appearing as segments or arcs.

**RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE**
sur les incendies de deux bus électriques
survenus les 4 et 29 avril 2022
à Paris

Octobre 2024

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 1621-2 à 1622-2 et R. 1621-1 à 1621-26 du Code des transports relatifs, notamment, aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Glossaire

- **BEA-RI** : Bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels
- **BMS** : Battery management system
- **CNRV** : Centre national de réception des véhicules
- **DGEC** : Direction générale de l'énergie et du climat
- **DGSCGC** : Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
- **DRIEAT** : Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France
- **ICPE** : Installation classée pour la protection de l'environnement
- **INERIS** : Institut national de l'environnement industriel et des risques
- **LCPP** : Laboratoire central de la préfecture de Police
- **LMP** : Lithium-métal-polymère
- **RATP** : Régie autonome des transports parisiens
- **SDIS** : Service départemental d'incendie et de secours
- **SRSEE** : Système rechargeable de stockage de l'énergie électrique
- **SSMVM** : Service de surveillance du marché des véhicules et des moteurs

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT)

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur les incendies de deux bus électriques survenus les 4 et 29 avril 2022

N° ISRN : EQ-BEAT--24-7--FR

Affaire n° BEATT-2022-02

Proposition de mots-clés : autobus, véhicule électrique, incendie, batterie, réglementation

Synthèse

Le lundi 4 avril 2022 vers 16 h 00, un bus électrique de la régie autonome des transports parisiens (RATP) a pris feu sur le Boulevard Saint-Germain, à hauteur de l'arrêt « Maubert-Mutualité » alors qu'il transportait 14 voyageurs.

Le vendredi 29 avril 2022 un second bus de la RATP, du même modèle que le précédent, s'est embrasé sur l'avenue de France dans le XIII^{ème} arrondissement de Paris, alors qu'il stationnait au terminus « Bibliothèque François Mitterrand ».

Dans les deux cas il n'y a pas eu de blessé parmi les voyageurs, mais les deux véhicules ont été complètement détruits.

Ces deux événements ont conduit la RATP à retirer immédiatement du parc en exploitation tous les véhicules du même modèle, qui faisaient partie d'une commande de 150 véhicules et dont certains étaient en cours de fabrication.

La cause directe la plus probable de ces incendies est un court-circuit intercellules caractérisé par un emballement thermique survenu au niveau des batteries haute tension qui alimentent la motorisation de ces véhicules entièrement électriques. Les investigations réalisées ont montré que cette cause se situait au niveau du processus de fabrication des batteries. Ce constat a conduit le fabricant, en accord avec le service de surveillance du marché des véhicules et des moteurs (SSMVM), à engager un rappel auprès des détenteurs de batteries du même type et des détenteurs de véhicules qui en étaient équipés.

Les investigations ont été difficiles, dans la mesure où les composants équipant les véhicules incendiés ont été détruits dans leur quasi-totalité et ne pouvaient donc plus fournir d'information exploitable.

Ces incendies se sont déclenchés sur des véhicules à technologie récente et novatrice. Ils présentent des caractéristiques particulières comme l'embrassement généralisé qui survient en quelques secondes, de grandes difficultés à les éteindre rapidement et totalement et des risques importants pour les intervenants et l'environnement direct. Le caractère novateur des technologies employées met aussi en évidence un retard dans la définition des réglementations techniques appliquées à ces véhicules modernes lors de leur homologation.

Pour ces raisons, le BEA-TT formule sept recommandations et deux invitations aux entités concernées pour éviter la reproduction de tels événements qui, du fait de leur cinétique, auraient pu avoir des conséquences bien plus graves.

La présente enquête a été produite en relation avec le BEA-RI, qui a de son côté ouvert plusieurs autres enquêtes sur des incendies de batteries en contexte industriel. Ces enquêtes portent sur les conditions de résistance aux chocs, stockage, départs et extinction d'incendie, pour différents types de batteries.

Elle prend en considération les analyses réalisées par l'INERIS et le LCPP, et fait également état de celles menées par le constructeur. Propriétaire exclusif de la technologie impliquée, il était de façon très compréhensible le plus motivé et le mieux armé pour les réaliser, et il s'est montré suffisamment coopératif.

SOMMAIRE

SYNTHÈSE	1
1 -CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE	3
1.1 - Les circonstances des incendies.....	3
1.2 - Le bilan humain et le bilan matériel.....	4
1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête	4
2 -CONTEXTE DES INCENDIES	4
2.1 - Les conditions météorologiques.....	4
2.2 - Les conditions des incendies	4
3 -COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES	5
3.1 - Les caractéristiques générales des véhicules concernés	5
3.1.1 - L'architecture électrique générale des véhicules.....	5
3.1.2 - La conception et la fabrication des batteries	6
3.1.3 - L'incendie de Maubert-Mutualité.....	8
3.1.4 - L'incendie de Bibliothèque François-Mitterrand	9
3.2 - Les constats et dégâts sur les véhicules	10
4 -ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES ...	11
4.1 - Les investigations effectuées	11
4.2 - Les causes probables des départs de feu	11
4.3 - La surveillance du circuit électrique à haute-tension	13
4.4 - Le comportement au feu de la structure des véhicules.....	14
5 -ANALYSE DU DÉROULEMENT DES ACCIDENTS ET DE L'INTERVENTION DES SECOURS	16
5.1 - L'incendie de Maubert-Mutualité	16
5.2 - L'incendie de Bibliothèque François-Mitterrand.....	16
5.3 - Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers	17
6 -CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	17
6.1 - Conclusions	17
6.2 - Recommandations.....	18
6.2.1 - Détection de défauts et signalement d'alarmes.....	18
6.2.2 - Règlementation en matière de sécurité électrique des véhicules	18
6.2.3 - Protection des passagers d'une montée en température ambiante.....	19
6.2.4 - Protection des passagers des émissions de métal en fusion.....	19
6.2.5 - Transmission et enregistrement de données des véhicules chez les constructeurs	19
6.2.6 - Recherches en matière de lutte contre l'incendie.....	20
6.2.7 - Information des services de secours sur les véhicules impliqués	20
ANNEXES	22
Annexe 1 : Résumé des interventions du LCPP suite aux deux incendies.....	23
Annexe 2 : Décision d'ouverture d'enquête	26
Annexe 3 : Décision modificative d'ouverture d'enquête.....	27
RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE PROTECTION DES DONNÉES	28

1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

1.1 - Les circonstances des incendies

Le lundi 4 avril 2022 peu après 16 h 00, un bus électrique de marque Bluebus appartenant à la régie autonome des transports parisiens (RATP) a pris feu sur le Boulevard Saint-Germain, à hauteur de l'arrêt « Maubert-Mutualité ». Le véhicule était en circulation lorsque le chauffeur d'un autre bus l'a klaxonné voyant de la fumée s'échapper au niveau du toit, puis, lorsqu'un automobiliste lui a crié qu'il y avait le feu.



Figure 1 : Plan de situation de l'incendie du 4 avril 2022
Fond de plan Géoportail IGN légendé BEA-TT

Le vendredi 29 avril 2022 un second bus de la RATP, du même modèle que le précédent, s'est embrasé sur l'avenue de France dans le XIII^e arrondissement de Paris, alors qu'il stationnait au terminus « Bibliothèque François Mitterrand ».



Figure 2 : Plan de situation de l'incendie du 29 avril 2022
Fond de plan Géoportail IGN légendé BEA-TT

1.2 - Le bilan humain et le bilan matériel

Ces deux incendies n'ont occasionné aucun dommage corporel. Outre des pollutions, seuls des dommages matériels ont été causés, d'une part aux deux véhicules qui ont été totalement détruits, et d'autre part aux équipements situés à proximité directe ainsi qu'à la chaussée.

1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances de l'incendie du 4 avril 2022, le directeur du Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT) a ouvert le 2 mai 2022 une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 du Code des transports.

Au vu des circonstances du deuxième incendie du 29 avril 2022 qui a affecté un véhicule de la même série que celui du 4 avril, le directeur du BEA-TT a pris la décision d'étendre l'enquête technique à ce nouvel événement.

Par ailleurs, les deux bus électriques concernés par cette enquête étaient stockés et rechargés électriquement sur le même site de la RATP, à savoir le site de Lagny, qui fait l'objet d'un enregistrement auprès de la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France (DRIEAT) en tant qu'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE déclarée). Aussi, il a été décidé d'associer le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses sur les Risques Industriels (BEA-RI) aux travaux d'enquête du BEA-TT relatés dans le présent rapport.

En l'absence de victime corporelle, le pouvoir judiciaire n'a pas ouvert d'enquête. Les enquêteurs ont pris contact avec les services de police et ont eu accès aux mains courantes. Ils ont également échangé avec les intervenants des services d'incendie et de secours. Le Centre National de Réception des Véhicules (CNRV) rattaché à la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) a été sollicité à maintes reprises et a contribué sur les aspects réglementaires applicables aux véhicules, notamment dans le cadre du processus de remise en service des Bluebus après intégration de modifications en rapport avec les recommandations émises dans le présent rapport.

2 - Contexte des incendies

2.1 - Les conditions météorologiques

L'incendie du 4 avril à Maubert-Mutualité a débuté peu après 16h, celui du 29 près de la bibliothèque François-Mitterrand peu après 8 h. Dans les deux cas il n'y avait aucune pluie et la température extérieure n'était pas très élevée.

2.2 - Les conditions des incendies

Le bus 701 ayant pris feu à Maubert-Mutualité le 4 avril 2022 était en service sur la ligne RATP n° 86 qui va des stations « Champ de Mars » à « Demi-Lune - Parc zoologique » en passant par le boulevard Saint-Germain. Il était en condition normale d'exploitation et transportait 14 passagers.

Le bus 649 ayant pris feu à bibliothèque François-Mitterrand le 29 avril 2022 était en service sur la ligne RATP n° 71 qui va des stations « Porte de la Villette » à « bibliothèque François-Mitterrand » en passant par la place de la Nation et en traversant la Seine par le pont de Bercy. Il était à l'arrêt contact enlevé et portes fermées, sans aucun occupant à l'intérieur.

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - Les caractéristiques générales des véhicules concernés

Les deux véhicules sont identiques, de marque constructeur Bluebus et de type commercial 12 m - IT3. Ils sont propulsés uniquement par des moteurs électriques alimentés par des batteries fabriquées par la société BlueSolutions. Ces deux sociétés font partie du groupe Bolloré.

Ils ont été immatriculés et mis en circulation pour la première fois en 2021.

Les capacités de transport sont fonction des aménagements intérieurs demandés par les exploitants et indiquées dans la figure 3 ci-dessous.



Figure 3 : Vue extérieure et aménagements d'un bus 12 m - IT3
Photo Bluebus

Ces véhicules n'avaient que très peu roulé et leurs contrôles techniques périodiques étaient à jour. Ils ne montraient aucune défaillance réglementaire.

3.1.1 - L'architecture électrique générale des véhicules

Les véhicules sont à propulsion électrique intégrale. Leur motorisation est alimentée par six batteries haute tension dont quatre sont montées en toiture et deux dans le compartiment arrière. La gestion générale de l'alimentation en haute tension est gérée par un dispositif appelé « Battery Management System » (BMS). Par ailleurs, certains équipements ou fonctions différents de la propulsion (éclairage et signalisation, commandes de portes, témoins au tableau de bord, etc.) sont alimentés via des batteries basse tension, à l'instar des véhicules à motorisations thermiques.

La motorisation est assurée par un moteur électrique synchrone à aimants permanents alimenté en courant continu sous une tension de 650 V par des batteries de type « Lithium-Métal-Polymère » (LMP). La puissance nominale de ces bus est de 160 kW.

Les batteries sont rechargées à des bornes installées dans les lieux de stockage de la RATP, mais aussi lorsqu'ils roulent via un système de récupération d'énergie lors des freinages ou des phases de ralentissement.

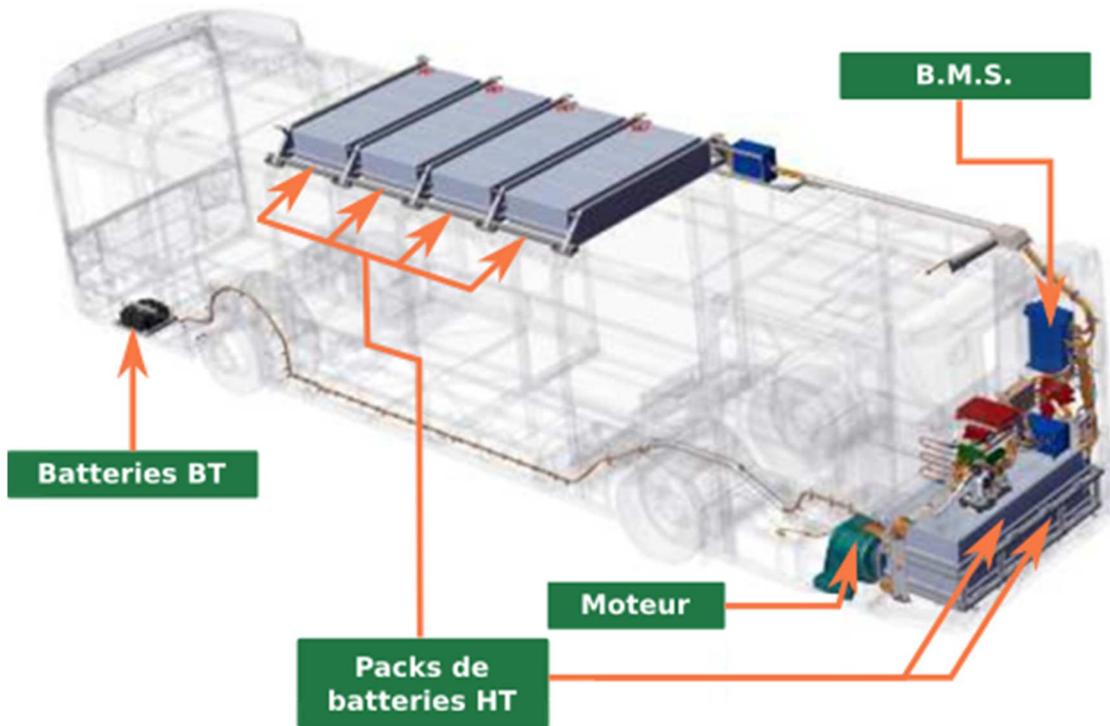


Figure 4 : Positionnement des principaux composants électriques
 Plan Bluebus légendé BEA-TT

3.1.2 - La conception et la fabrication des batteries

Les batteries LMP utilisées pour la traction des Bluebus IT3 sont de technologie entièrement solide. Chaque pack est constitué de 9 modules reliés électriquement et chaque module comporte un assemblage de 20 cellules électrochimiques.

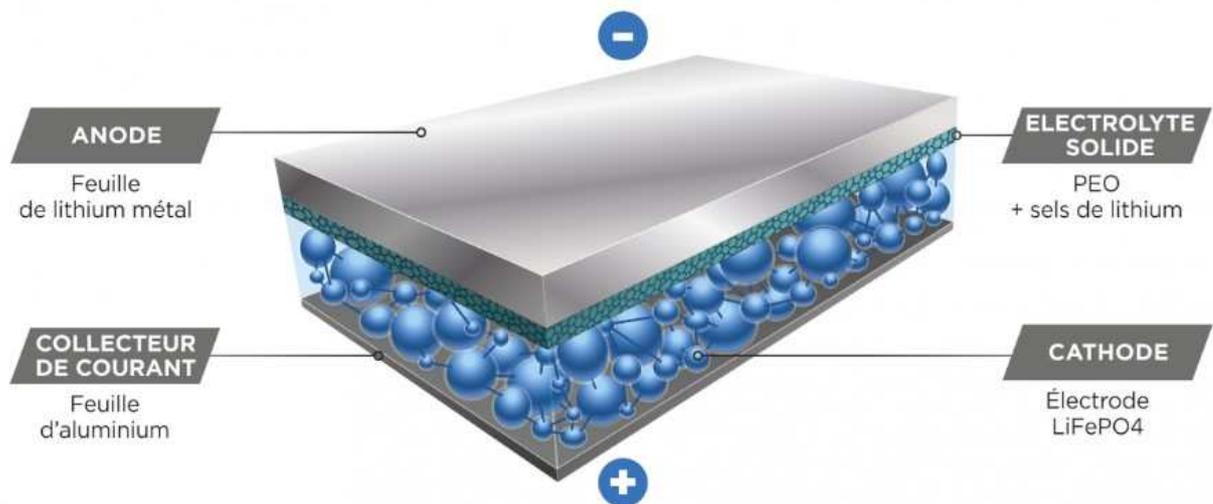


Figure 5 : Conception d'une cellule
 Source BlueSolutions

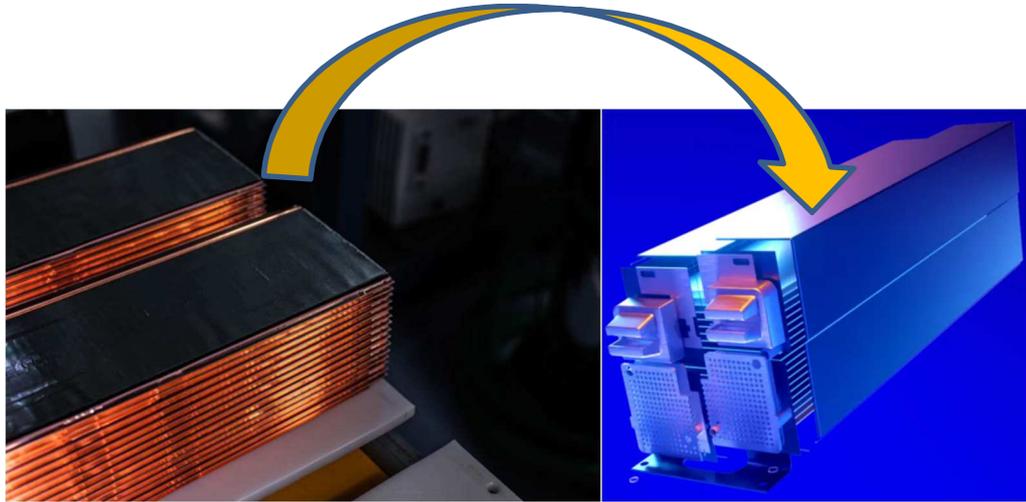


Figure 6 : Modules constitués de l'empilage de cellules
Source Bluesolutions

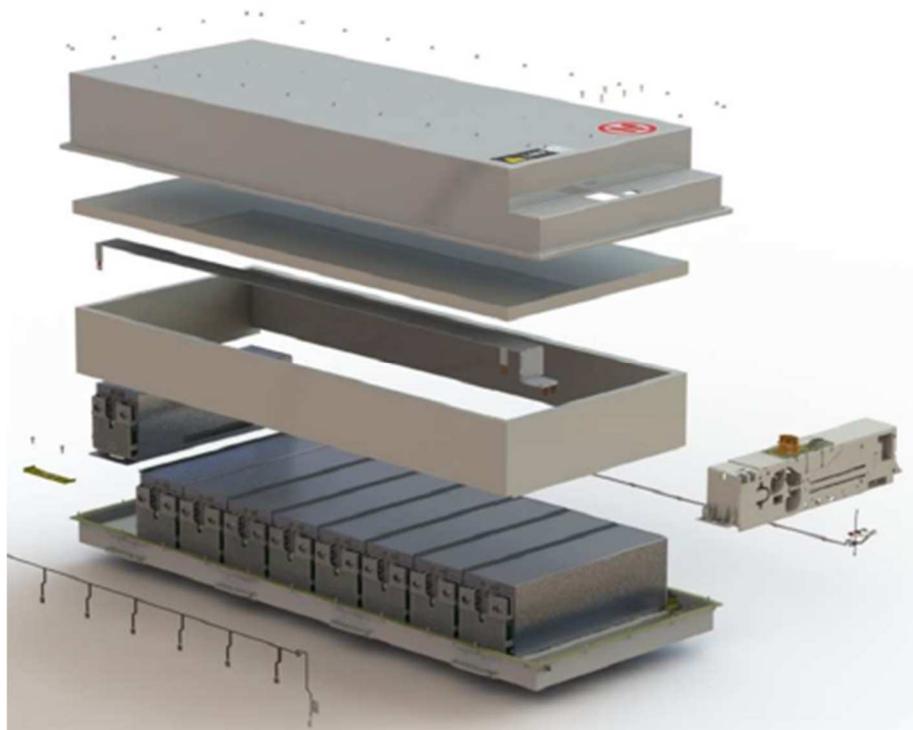


Figure 7 : Vue éclatée d'un pack batterie comprenant 9 modules et un BMS
Source Bluesolutions

Chaque pack développe une énergie de 63 kWh et fonctionne sous une température interne de 80 °C. Un dispositif de surveillance de type BMS assure la protection de chaque pack de manière indépendante, l'ensemble étant raccordé à un BMS central de protection.

Les véhicules construits par Bluebus sont équipés de batteries produites au sein de deux unités de fabrication de BlueSolutions, l'une en France à Ergué-Gabéric, l'autre au Canada à Boucherville. Conformément aux règles européennes applicables en matière de réception, les véhicules ont été homologués par l'une des Autorités européennes choisie par le constructeur. Concernant les Bluebus IT3, ils ont été réceptionnés par l'Espagne. Cette réception atteste que les véhicules sont conformes aux diverses réglementations qui leur sont applicables, à savoir des directives européennes ou des règlements ONU selon le cas.

Pour ce qui est de la sécurité électrique, l'homologation en application du règlement ONU n° 100 a été prononcée en deux temps, conformément à ce que permet cette réglementation :

- dans un premier temps une homologation du système rechargeable de stockage de l'énergie électrique (SRSEE) a été prononcée par l'Autorité française de réception ;
- dans un second temps une homologation du véhicule complet par l'Autorité espagnole en ce qui concerne sa sécurité électrique.

Ces homologations ont été prononcées en application du règlement 100 dans sa série 02 d'amendement.

3.1.3 - L'incendie de Maubert-Mutualité

Vers 16 h 13, alors qu'il vient de passer la station Dante, le chauffeur est alerté du départ de feu sur le toit de son véhicule par appels de phares puis par plusieurs coups de klaxon d'un bus de la ligne 87 circulant dans le même sens et qui le suivait. Cet incident est confirmé par le chauffeur d'une voiture circulant dans la même zone et qui lui indique que le bus est en feu en le doublant. Le chauffeur constatant dans ses rétroviseurs des jets de métal en fusion s'arrête immédiatement, au niveau de la station Maubert-Mutualité. Transportant quatorze passagers, il ouvre les issues du bus, coupe l'alimentation électrique du moteur par actionnement de la commande « coup de poing » et demande aux passagers de sortir immédiatement du bus alors que les projections de métal en fusion diminuent.



Figure 8 : Incendie généralisé et projections de métal en fusion
Source : Capture d'écran Twitter / @JPFOTOGRAFOSS légendée BEA-TT

Une fois descendu sur le trottoir, le chauffeur vérifie par les issues du bus que tous les passagers sont bien descendus et qu'il ne reste personne à l'intérieur. Lors de cette vérification, soit une quinzaine de secondes après être descendu, il voit une des batteries installées sur le toit le traverser et tomber sur le plancher. Il s'éloigne alors du bus qui commence à s'embraser et les projections de métal en fusion reprennent et s'amplifient.

Le chauffeur a confirmé par la suite qu'aucune information de défaut ou signal avant-coureur n'avait été remontée au niveau du poste de conduite via les dispositifs de signalement conventionnels dont le véhicule est équipé.

3.1.4 - L'incendie de Bibliothèque François-Mitterrand

Le conducteur du bus en avance sur l'horaire gare son bus vide de passagers en début d'itinéraire en bordure de trottoir. Il coupe le contact, ferme les portes et rejoint le conducteur d'un autre bus stationné immédiatement derrière. Ils discutent sur le trottoir depuis environ 5 minutes lorsqu'apparaît soudainement une fumerole sur le toit de son bus, suivie 3 secondes après d'une première explosion d'une des batteries fixées en toiture. Une seconde explosion intervient 4 secondes après la première, suivie de projections importantes de métal en fusion des deux côtés du bus.



T₀ : Apparition premières fumeroles



T₀+3'' : Premières flammes



T₀+7'' : Début d'explosion d'un pack



T₀+17'' : Projections généralisées de métal en fusion

Figure 9 : Déroulement des différentes phases
Source : Témoins BFMTV légendée par le BEA-TT

À l'instar de l'incendie de Maubert-Mutualité, le chauffeur du bus 649 a confirmé n'avoir pas eu la moindre information de défaut lors du trajet effectué entre l'entrepôt de la RATP où il était stocké et son arrêt sur l'avenue de France.

3.2 - Les constats et dégâts sur les véhicules

Comme le montrent les figures 10, 11 et 12 ci-après, les deux bus ont été complètement calcinés.

Toutes les batteries ont été entièrement détruites, à l'exception de celles situées dans les coffres arrière des bus 649 et 701 et de quelques équipements situés à proximité. Ces éléments ont pu faire l'objet d'une expertise chez BlueSolutions décrite plus loin. Les batteries fixées en toiture l'ont fait fondre, sont tombées sur le plancher et sont aussi passées à travers celui-ci comme le montre la figure 12. Elles ont ainsi provoqué un endommagement important de la chaussée.



Figure 10 : Carcasses vues de $\frac{3}{4}$ avant
Photo BEA-TT



Figure 11 : Carcasses vues de $\frac{3}{4}$ arrière
Photo BEA-TT



*Figure 12 : Vue de l'intérieur
Photo BEA-TT*

4 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

4.1 - Les investigations effectuées

Le BEA-TT accompagné du BEA-RI a eu accès aux carcasses des véhicules incendiés conservées de manière temporaire sur le dépôt de la RATP de Flains ainsi qu'aux données enregistrées par les deux véhicules dont certaines ont été transmises automatiquement par télémétrie à l'exploitant et au constructeur. Par ailleurs, les enquêteurs ont rencontré les représentants des sociétés BlueSolutions et Bluebus en octobre 2022 pour faire un point sur l'avancée de leurs recherches et visiter les unités de production des batteries et des véhicules.

4.2 - Les causes probables des départs de feu

L'origine de ces deux incendies est à n'en pas douter d'origine électrique, mais compte tenu de l'état des véhicules après incendie, il a été difficile de récupérer des éléments expertisables. Seules les batteries disposées à l'arrière des bus ainsi que leurs BMS ont pu être analysés, ce qui a permis au constructeur d'orienter ses recherches.

Dans les deux cas, l'analyse de la télémétrie n'a pas montré de signe particulier de dysfonctionnement dans les instants précédant le départ de feu.

Le bus de Maubert-Mutualité présentait un état de charge d'environ 60 % lié à sa durée d'exploitation, avec seulement 3 des 6 packs débitant de l'énergie, situation normale gérée par le BMS dans le but d'optimiser l'autonomie du véhicule. La transmission des données fournies par 3 des 4 packs situés en toiture s'arrête brusquement en tout début d'évènement. Cette situation conduit BlueSolutions à estimer que l'origine de cet incendie se situerait sur un pack dont la fabrication a été réalisée dans son usine du Canada.

Le bus de Bibliothèque François Mitterrand présentait un état de charge proche de 100 % (93 % selon les données télémétriques), ce qui s'explique par le fait qu'il n'avait pas entamé sa journée d'exploitation et n'avait parcouru que le trajet « lieu de garage - départ de la ligne RATP n° 71 ». Dans ce cas aussi, seuls 3 des 6 packs débitaient de l'énergie à la motorisation. Alors que le véhicule est arrêté depuis environ 13 minutes, la transmission des données fournies par 2 des 4 packs situés en toiture s'arrête brusquement en tout début d'incendie. BlueSolutions estime que l'origine de cet incendie se situerait sur l'un des packs situés en toiture dont la fabrication a aussi été réalisée dans son usine du Canada.

Comme indiqué précédemment, l'alimentation du moteur de propulsion de chaque bus est assurée par 6 packs de batteries, chacun contenant 9 modules eux-mêmes constitués d'un empilement de 20 cellules. Ces 6 packs constituent le « stockeur ». Les cellules sont isolées les unes des autres par un film diélectrique constitué d'une feuille de « Mylar », matériau dérivé du xylène. La particularité de cette technologie de batteries à électrolyte solide est que les modules doivent être utilisés à une température nominale de 80 °C, afin de rendre l'électrolyte moins solide et assurer ainsi la conduction ionique. En fonctionnement normal, cette température doit être maintenue et peut atteindre 105 °C. Ils sont donc chauffés par résistance électrique.

La surveillance de la température au niveau des batteries est assurée par de multiples capteurs de température, de tension et d'ampérage. Plusieurs causes potentielles expliquant ces deux évènements ont été analysées par BlueSolutions dont notamment le court-circuit externe, la surcharge ou la surintensité, la surchauffe d'un composant, et un défaut de chauffage des batteries. Ces causes ont été écartées par le constructeur des batteries car peu probables voire très peu probables, d'autant que les données fournies par la télétransmission ne tendent pas à les considérer comme envisageables. Seul un court-circuit interne à une cellule (par exemple lié à la présence de particules métalliques entre les électrodes ou à la croissance de dendrites) ou intercellules paraissaient dans un premier temps pouvoir expliquer ces départs de feu. Ces types de courts-circuits ont pour symptôme une autodécharge, qui est une réaction électrochimique provoquant une réduction progressive du niveau de charge d'un accumulateur électrique.

Le fait que dans les deux incendies des packs fabriqués par l'usine canadienne de BlueSolutions soient identifiés comme potentiellement à l'origine des départs de feu a conduit le constructeur, d'une part à examiner sur les batteries récupérées et sur des batteries identiques non encore mises en exploitation s'il y avait présence de défauts de fabrication, et d'autre part à ré-analyser les process de fabrication qui sont différents sur les deux sites de production.

De cette analyse, il ressort que certaines feuilles d'isolant en Mylar ont été mal positionnées lors de la fabrication des batteries, et que le contrôle de positionnement réalisé sur les lignes de production n'a pas permis de détecter cette anomalie. De ce fait elles ne permettent pas de garantir une isolation suffisante entre les cellules et peuvent donc provoquer un court-circuit intercellules. Ce phénomène est identifié comme la cause la plus probable de ces incendies en provoquant un emballement thermique.

Cette observation a conduit Bluebus et BlueSolutions à engager respectivement un rappel dès le 24 mai 2022 auprès des possesseurs de véhicules et de batteries de type IT3 produits entre 2020 et 2022. Auparavant, la RATP avait retiré de l'exploitation et de leurs lieux de stockage tous les bus du même type que ceux ayant pris feu en avril 2022. Ce retrait de tous les bus de la série S5 a été engagé dès le 29 avril et s'est terminé dès le lendemain.

4.3 - La surveillance du circuit électrique à haute-tension

Le dispositif de stockage de la haute tension et des circuits électriques fait l'objet d'une surveillance permanente. Cette surveillance est assurée d'une part au niveau de chaque pack et d'autre part au niveau du « Batterie Management System » (BMS), qui centralise toutes les informations et constitue l'élément primordial de la sécurité du système d'alimentation électrique. Le BMS contrôle au travers notamment de mesures en continu de tensions, d'ampérages et de températures le bon fonctionnement des différents composants du circuit haute tension. C'est l'élément clé de la sécurité du système électrique, qui surveille en particulier l'autodécharge des cellules.

Le dispositif de surveillance du comportement des batteries de propulsion est défini en 5 niveaux d'alarmes par le constructeur afin d'optimiser la disponibilité des véhicules :

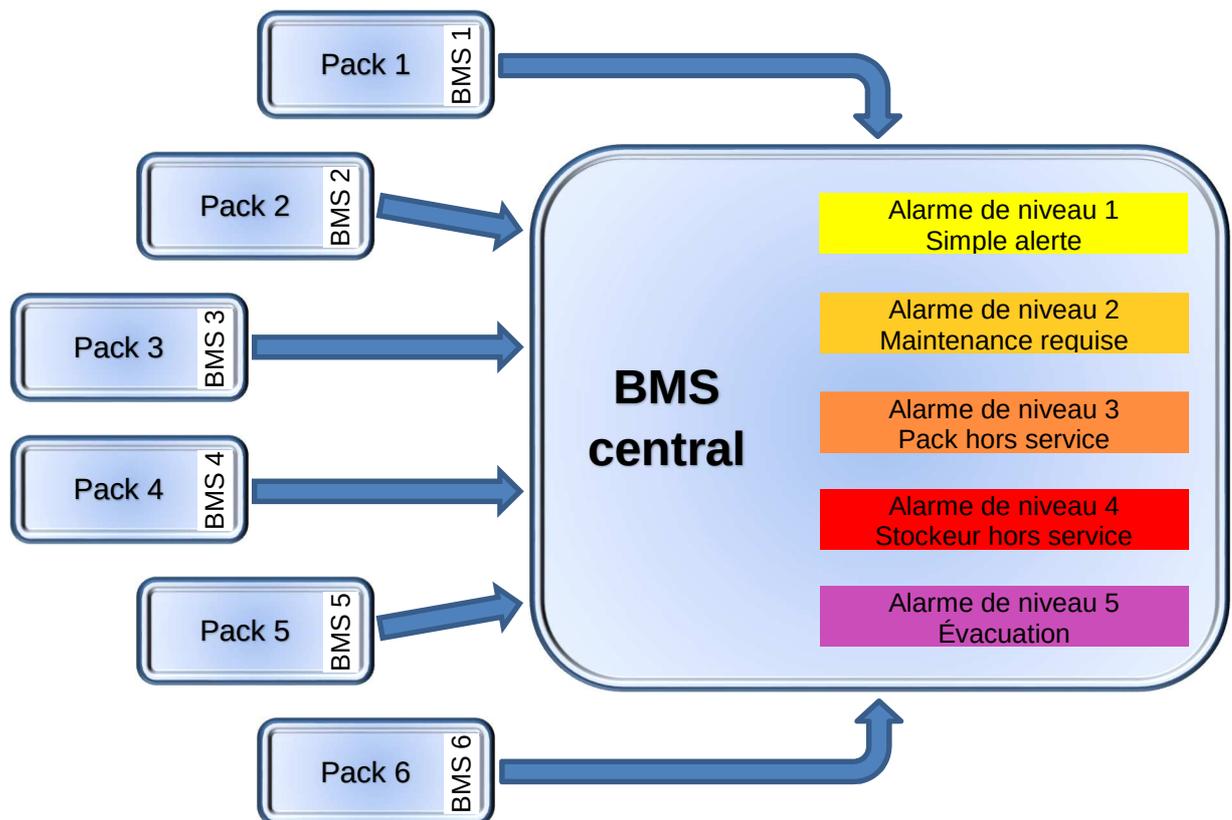


Figure 13 : Schéma de principe de la surveillance électrique

- **Niveau 1** : défaut mineur ne nécessitant aucune action du chauffeur ni maintenance particulière sur véhicule.
- **Niveau 2** : le défaut n'est pas critique mais nécessite une action de maintenance non immédiate et le véhicule reste exploitable.
- **Niveau 3** : le défaut, affectant généralement un seul pack, est réputé critique mais limité et nécessite une intervention de maintenance rapide. Le stockeur est alors partiellement disponible.
- **Niveau 4** : le défaut est réputé critique et le stockeur devient indisponible en charge, décharge et en chauffe. Ce défaut doit conduire à l'arrêt immédiat du véhicule.
- **Niveau 5** : le défaut est majeur et doit conduire à l'évacuation du véhicule après arrêt demandé via des alarmes sonores et visuelles. Tous les packs doivent être arrêtés.

Concernant le critère d'autodécharge déclenchant une alarme, une des difficultés pour le concepteur est de définir un seuil réaliste, ni trop bas car certains phénomènes de ce type sont tout à fait normaux et cela aurait de graves conséquences sur la disponibilité des véhicules, ni trop haut car une défaillance avérée ne serait pas traitée correctement et ne permettrait pas d'identifier un défaut précoce tel qu'un court-circuit intercellules. Le seuil réaliste est celui permettant la détection d'un court-circuit critique susceptible d'engendrer un départ de feu.

Le critère retenu par le concepteur était une valeur d'ampérage fixée à 150 mA, seuil qui s'il avait été dépassé aurait eu pour conséquences le déclenchement d'une alarme de niveau 4 et la mise hors service du stockeur.

L'analyse des enregistrements téléométriques antérieurs aux incendies montre :

- pour l'évènement de Maubert-Mutualité que le courant d'autodécharge avait augmenté rapidement, passant de 50 mA à des valeurs comprises dans la fourchette 150-200 mA. Cette augmentation n'a pas induit de déclenchement d'alarme car le traitement des données était assuré via un algorithme se basant sur des valeurs moyennes et non des pics ;
- pour l'évènement de Bibliothèque François Mitterrand que le courant d'autodécharge avait eu tendance à augmenter dans les jours précédant l'incendie, sans atteindre le seuil de déclenchement de l'alarme.

4.4 - Le comportement au feu de la structure des véhicules

La structure des autobus et des autocars est généralement constituée d'une ossature en profilés soudés en acier ou en aluminium, sur lesquels sont fixés des panneaux métalliques et/ou en matériaux composites ainsi que les encadrements des vitrages.

Les Bluebus 12 m - IT3 sont constitués d'une structure de ce type comme le montre la figure 14 et utilisant des profilés en acier inoxydable ferritique.

L'habitacle des passagers est isolé des compartiments batteries situés en toiture et en partie arrière par des cloisons en tôle d'acier inoxydable.

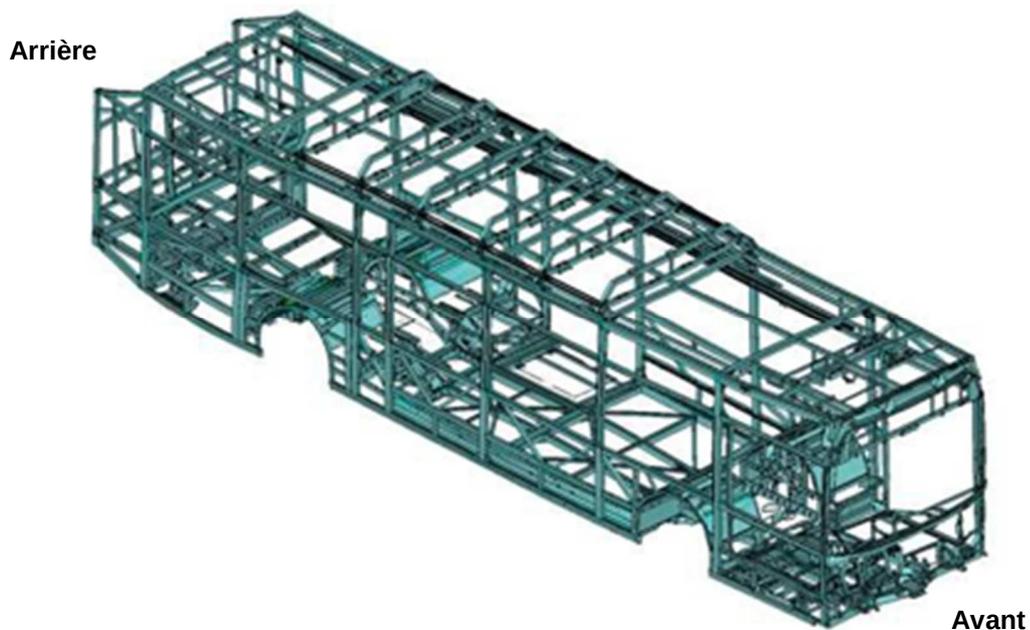


Figure 14 : Ossature des bus 12 m - IT3
Source Bluebus

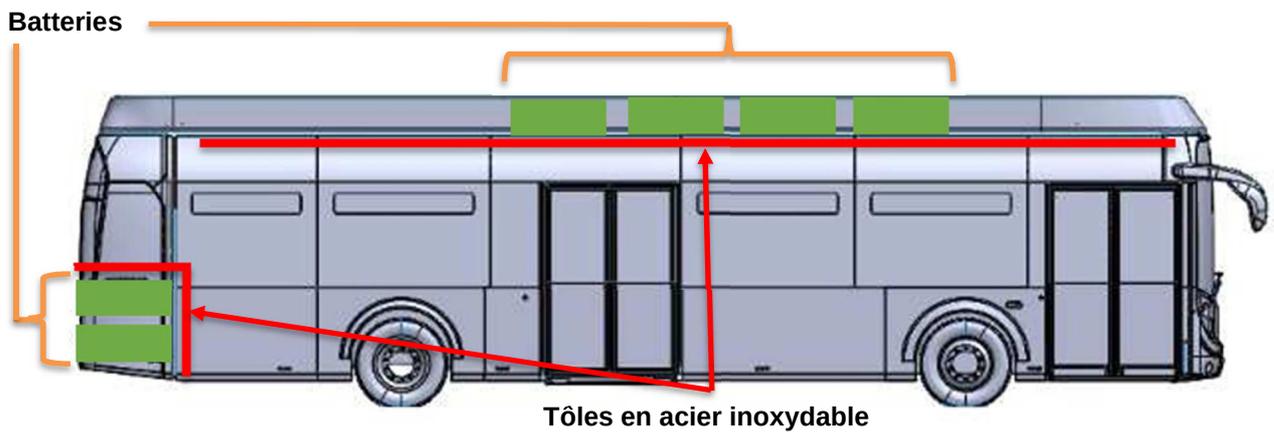


Figure 15 : Protection de l'habitacle
 Source Bluebus légendée par le BEA-TT

Comme le montrent les photos des carcasses calcinées (cf. figures 10 et 11), les incendies ont été violents. Si les ossatures en profilés ont relativement bien résisté, il n'en va pas de même en ce qui concerne les toitures et les planchers. En effet, bien que les toitures qui protègent les habitacles soient fabriquées en acier inoxydable, elles ont été traversées par les batteries sous l'effet de la chaleur, vraisemblablement à l'issue d'un phénomène de fluage de l'acier. Pour mémoire, la température de fusion de l'acier inoxydable est de 1420 °C, ce qui donne une idée des températures atteintes lors de ces incendies, notamment par rapport à celle des autres matériaux composant la carrosserie.

Par ailleurs, comme le montre la photo ci-dessous sur le site de la bibliothèque François Mitterrand, l'explosion des batteries survenue environ 10 s après les premières fumeroles montre les projections de métal en fusion, qui en cas de survenue lors de l'évacuation de passagers auraient probablement conduit à des brûlures importantes.

À l'instar des observations effectuées sur le site de Maubert-Mutualité, les projections ont eu lieu sur une zone d'une largeur d'environ 3 à 4 m de chaque côté des bus.

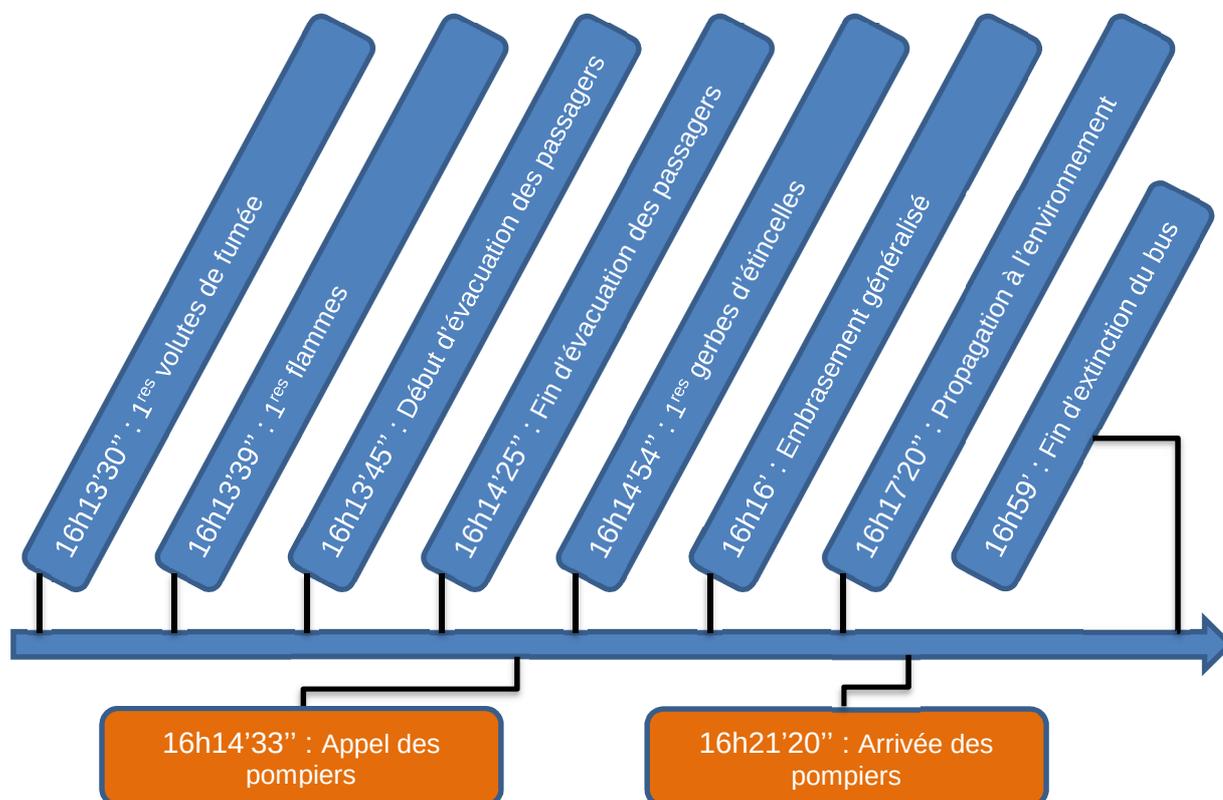


Figure 16 : Explosion des batteries
 Source : Témoins BFMTV

5 - Analyse du déroulement des accidents et de l'intervention des secours

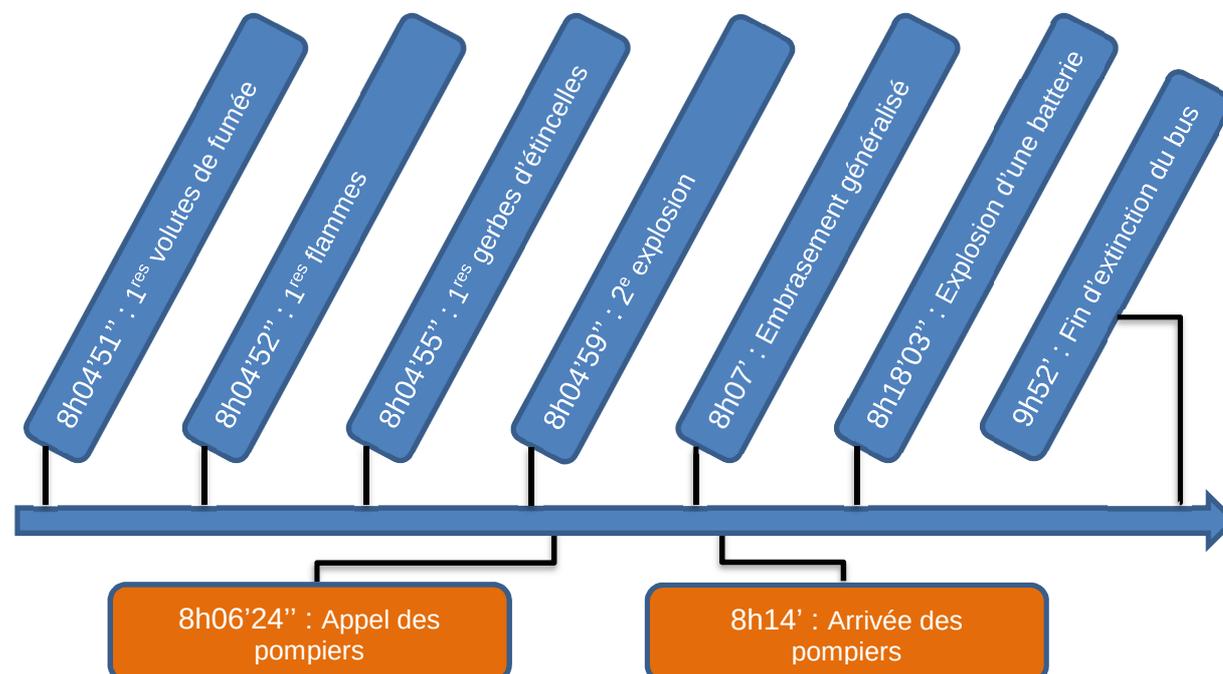
La chronologie des événements principaux de ces incendies est représentée sur les diagrammes ci-après.

5.1 - L'incendie de Maubert-Mutualité



Nota : l'horaire indiqué pour la fin d'extinction concerne le véhicule à proprement parler, les packs batteries produisant encore des flammes vives plusieurs heures après.

5.2 - L'incendie de Bibliothèque François-Mitterrand



5.3 - Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers

Un premier retour d'expérience à l'issue du premier incendie a été réalisé très rapidement par la brigade des sapeurs-pompiers de Paris, qui a permis en particulier d'améliorer les conditions d'intervention lors du second évènement.

Dans les deux cas, le délai d'intervention des sapeurs-pompiers a été très rapide. De même la réactivité du chauffeur du bus 701 à Maubert-Mutualité pour l'évacuation des passagers a évité le moindre blessé.

Concernant la phase d'extinction des bus, elle s'est avérée à chaque fois délicate car les pompiers ont dû intervenir en présence de fumées toxiques. Il en a été de même pour ce qui est de l'organisation de l'évacuation des carcasses de bus et de leur transfert, qui a nécessité de faire appel à des acteurs qui n'étaient pas entraînés à manipuler ces épaves présentant encore des risques de reprise d'incendie.

Après l'extinction, une phase de surveillance et de refroidissement est engagée, durant laquelle s'organisent les opérations de relevage des bus, de récupération des batteries et d'évacuation des épaves vers une zone de stockage isolée. Cette phase durera un peu plus de 11 h lors du premier incendie, mettant en évidence des conditions d'intervention particulièrement difficiles tant sur le plan technique que sur le plan de la sécurité des intervenants. Elle sera ramenée à 6 h lors du second incendie, notamment par amélioration des mesures de coordination interservices.

Ces deux évènements font apparaître une difficulté majeure, à savoir qu'il est quasiment impossible d'éteindre rapidement et complètement un incendie de ce type de batterie en lithium-métal-polymère. Des nouveaux départs de feu ont d'ailleurs été constatés lors de l'évacuation de la carcasse et du nettoyage de la chaussée sur le site de l'incendie de bibliothèque François-Mitterrand.

Au vu de ce retour d'expérience, il apparaît nécessaire de poursuivre les recherches en matière de moyens de lutte contre l'incendie sur les batteries de technologie LMP, et d'intégrer les résultats des mesures de pollution réalisées par le laboratoire central de la préfecture de Police de Paris dont un résumé figure en annexe 1 et les recherches menées par l'INERIS dans les règles de fonctionnement des services de secours et de tout autre service d'intervention, tant en ce qui concerne la protection des personnels que la pollution de l'environnement.

6 - Conclusions et recommandations

6.1 - Conclusions

À l'issue des investigations réalisées et des constats effectués, il apparaît plusieurs voies d'amélioration concernant :

- la détection précoce de défauts susceptibles de conduire à des incendies et le signalement d'alarmes appropriées ;
- la protection des passagers vis-à-vis des températures élevées qui peuvent être très rapidement atteintes et les risques de chute des batteries situées en toiture ;
- la protection des passagers des projections de métal en fusion lors des phases d'évacuation ;
- le maintien de l'enregistrement des données importantes précédant les aléas d'exploitation ainsi que leur télétransmission régulière ;
- la poursuite et la facilitation des recherches concernant l'efficacité des moyens de lutte à utiliser lors d'évènements du même type ;
- la réglementation applicable en matière de sécurité électrique pour les futurs véhicules ;
- les moyens d'information des services de secours permettant la mise en œuvre d'interventions en sécurité.

6.2 - Recommandations

6.2.1 - Détection de défauts et signalement d'alarmes

Comme évoqué dans les chapitres précédents, les incendies des Bluebus sont liés à des phénomènes d'emballement thermique dus à des courts-circuits dans le SRSEE. Ces véhicules ont été homologués en matière de sécurité électrique en application du règlement ONU n° 100 dans sa série 02 d'amendements, réglementation qui n'impose pas de manière stricte une quelconque obligation en ce qui concerne le signalement aux conducteurs de ces phénomènes. Le chauffeur du bus 701 a d'ailleurs confirmé qu'aucun défaut n'a été remonté au poste de conduite, bien que des critères de déclenchement d'alarmes aient été prévus par le constructeur (cf. § 4.3).

Sans attendre l'obligation de mise en œuvre de l'amendement n° 3 du règlement n° 100 qui impose notamment le signalement de certaines défaillances du SRSEE, et dans la mesure où les véhicules produits par Bluebus sont déjà équipés de capteurs permettant d'identifier des phénomènes précurseurs d'emballement thermique, il conviendrait de revoir ces critères afin d'améliorer la sécurité générale de ces véhicules.

Recommandation R1 à destination de Bluebus :

- **Anticiper les mesures prévues dans la série d'amendement n° 3 du règlement n° 100 en matière d'avertissement du conducteur sur les défaillances susceptibles de conduire à un départ de feu.**

Il faut noter que lors de la visite des enquêteurs d'octobre 2022, Bluebus et BlueSolutions ont proposé dans un premier temps de réviser à la baisse le seuil d'intensité de déclenchement de l'alarme sur autodécharge dans le cadre de la recherche du seuil réaliste tel qu'évoqué dans le §4.3. *In fine*, la solution retenue est l'installation d'un dispositif de sécurité indépendant, permettant d'alerter le conducteur lorsque la température du pack batteries dépasse une valeur limite déterminée après analyse complète des données enregistrées.

6.2.2 - Réglementation en matière de sécurité électrique des véhicules

Comme indiqué ci-dessus, la sécurité des véhicules à moteur électrique est basée, dans le cadre de leur homologation, sur le respect du règlement n° 100 dans sa série 02 d'amendements. Cette réglementation technique, tout comme les autres s'appliquant aux véhicules, s'adapte nécessairement aux évolutions techniques développées par les constructeurs. Or les techniques en matière de motorisation évoluent très rapidement et bien plus vite que les prescriptions réglementaires qui sont adoptées pour garantir une utilisation en toute sécurité de ces véhicules, dont le nombre augmente d'années en années.

Cette observation concerne entre autres le sujet des alarmes mentionné supra mais aussi d'autres prescriptions et/ou essais prévus par les évolutions réglementaires à venir, qui ne s'appliquent qu'à certaines technologies comme par exemple les tests réservés aux SRSEE utilisant des électrolytes inflammables, c'est-à-dire ceux contenant des matières répondant à la classe 3 de la réglementation relative au transport de matières dangereuses (liquides inflammables). Dans le cas des véhicules commercialisés par Bluebus dotés de la technologie Lithium-Métal-Polymère, l'électrolyte n'est pas liquide dans la zone de température normale de fonctionnement. Ils ne sont pas soumis aux essais prévus pour ceux équipés d'électrolytes inflammables, notamment les essais de résistance au feu.

Au vu des observations effectuées lors des incendies d'avril 2022, il apparaît nécessaire d'adapter le règlement n° 100 pour redéfinir des prescriptions applicables en tenant compte de des différents types de technologies.

Recommandation R2 à destination de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) :

- **Engager auprès de l'ONU les discussions visant à réviser le règlement n° 100 pour adapter les prescriptions et les essais à tous les types de technologies, notamment en matière de résistance au feu.**

Par ailleurs, sans attendre le résultat des discussions internationales sur la révision du règlement n° 100 mentionnées ci-dessus, il apparaît important que Bluebus s'assure que les SRSEE répondent aux exigences actuellement applicables en matière de résistance au feu de ces équipements lorsqu'ils contiennent des électrolytes inflammables.

Recommandation R3 à destination de Bluebus :

- **S'assurer que les SRSEE ont des performances de résistance au feu comparables à celles exigibles uniquement pour ceux contenant des électrolytes liquides et le cas échéant prévoir des mesures d'exploitation adaptées.**

6.2.3 - Protection des passagers d'une montée en température ambiante

Ces incendies se sont déroulés avec une extrême rapidité et des températures très élevées ont été atteintes au niveau des batteries, qui sans avoir pu être mesurées, ont conduit à la fusion du toit en tôle d'acier inoxydable et à la chute des batteries au niveau du plancher, puis du sol. Une des batteries a traversé le plafond juste après l'évacuation. Il apparaît nécessaire de doter la toiture de ces autobus d'une protection thermique adaptée, permettant notamment de garantir une évacuation sécurisée.

Recommandation R4 à destination de Bluebus :

- **Renforcer la protection thermique en toiture, afin de retarder voire empêcher sa fusion et permettre ainsi une évacuation complète des passagers en sécurité.**

6.2.4 - Protection des passagers des émissions de métal en fusion

Lors des deux incendies, les images mises en ligne sur internet montrent des projections de métal en fusion importantes dans toutes les directions et sur une distance évaluée à quelques mètres des véhicules. Lors de l'incendie de la bibliothèque François Mitterrand, ces projections ont commencé une dizaine de secondes après le départ de feu, mais n'ont eu aucune conséquence humaine puisque le bus était vide. Si cet événement s'était produit avec des passagers à l'intérieur, il aurait été quasiment impossible de réaliser une évacuation sans risques de blessures lors de leur sortie.

Il convient donc au constructeur de développer une solution permettant de limiter les effets de ces projections.

Recommandation R5 à destination de Bluebus :

- **Développer et mettre en œuvre une solution technique permettant de limiter les projections de métal en fusion lors d'incendies, notamment au niveau des issues des véhicules.**

6.2.5 - Transmission et enregistrement de données des véhicules chez les constructeurs

À l'issue des investigations réalisées dans le cadre de ces événements, il apparaît très difficile d'identifier leurs causes sur la base d'expertises menées directement sur les composants électriques, dans la mesure où la quasi-totalité de ces composants sont détruits. En revanche, l'analyse des données enregistrées dans les instants proches ainsi que dans celles produites dans les quelques jours précédant ces incendies permet d'apporter des éléments explicatifs importants. Dans ces conditions, il faut favoriser la transmission de données et leur conservation sur une période à définir, qui pour le BEA-TT au vu des données récupérées et des événements constatés préconise *a minima* 5 jours en continu, incluant les différentes phases de stockage, de recharge et d'exploitation des véhicules. Les données réceptionnées devront être analysées suivant une procédure à définir afin que les opérations de maintenance, de vérifications ou de correctifs puissent être réalisées pour en maîtriser les risques.

Invitation à destination de Bluebus :

- **Assurer la transmission, l'enregistrement et le stockage sur une période adaptée (*a minima* 5 jours) des données susceptibles de fournir des éléments explicatifs sur les conditions accidentelles, afin de permettre la mise en œuvre rapide de vérifications, de la maintenance corrective, ou d'améliorations techniques ultérieures.**

Au-delà des deux évènements objets du présent rapport d'enquête, plusieurs incendies hors accident se sont produits sur des véhicules de différents constructeurs à motorisation électrique ou hybride avec les mêmes conséquences, à savoir leur destruction intégrale, l'impossibilité de procéder à une extinction rapide des incendies et la destruction des composants susceptibles de fournir des éléments de compréhension sur les causes des départs de feu.

Ces véhicules présentent la particularité de disposer de technologies novatrices et à évolution rapide et sont équipés de dispositifs de surveillance permettant l'enregistrement de données ainsi que leur télétransmission vers le constructeur et/ou l'exploitant. Il serait utile de fixer aux constructeurs des règles à respecter lors de l'homologation de ces véhicules en matière de télétransmission de données et d'enregistrement, afin de faciliter l'identification des causes de ces départs de feu.

Invitation à destination de la DGEC :

- **Introduire auprès de l'ONU et/ou de l'Union européenne une réflexion visant à définir des règles de réception des véhicules relatives à l'enregistrement et au stockage des données susceptibles de fournir des éléments explicatifs sur les conditions accidentelles afin de permettre des améliorations techniques ultérieures.**

6.2.6 - Recherches en matière de lutte contre l'incendie

Plusieurs contacts ont été noués avec certains services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) qui, avec l'aide de certains constructeurs, procèdent à des recherches visant à améliorer les conditions d'intervention des sapeurs-pompiers en travaillant en particulier sur l'optimisation des moyens matériels à mettre en œuvre lors d'incendies concernant ces véhicules à technologie nouvelle. Lors de ces contacts, il est apparu que plusieurs SDIS déterminent leurs propres stratégies de recherche et d'essai en fonction des moyens dont ils disposent, de l'intérêt qu'ils portent à ce sujet ou des possibilités offertes par les constructeurs pour la mise à disposition de matériels à tester.

Afin d'améliorer cette situation, il conviendrait d'engager au niveau national une réflexion visant à renforcer ces travaux de recherche en confiant certaines missions à certains SDIS, moyennant un partage des connaissances et l'attribution de moyens appropriés.

Recommandation R6 à destination de la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC) :

Assurer un pilotage national de la répartition des recherches en matière de lutte contre l'incendie concernant des véhicules à technologie nouvelle (électriques, à hydrogène, à gaz comprimé, etc.)

6.2.7 - Information des services de secours sur les véhicules impliqués

Les services de secours qui sont intervenus sur les incendies des Bluebus disposaient de la connaissance du mode de propulsion via les informations délivrées par les chauffeurs qui n'étaient pas blessés. Ils pouvaient donc adapter les moyens de lutte à mettre en œuvre de manière pertinente et permettre aux intervenants de travailler en sécurité, notamment en ce qui concerne les protections vis-à-vis des polluants émis et des projections de particules de métal en fusion, voire d'explosions. Qui plus est, leur intervention a été facilitée par le fait que ces incendies se sont produits à l'air libre, et non dans des milieux fermés ou confinés comme des tunnels.

Force est de constater que la mise en service de véhicules à « nouvelles énergies » (électriques, hydrogène haute et basse pression, gaz sous pression, etc.) tend à s'amplifier par rapport aux véhicules « ancienne génération », dont la motricité était principalement assurée par des carburants pétroliers liquides. Cela est particulièrement vrai pour les véhicules à circulation urbaine ou périurbaine comme les autobus. Ceux-ci font pour l'instant l'objet d'interdictions de circuler dans certaines zones, position qui selon toute vraisemblance ne pourra perdurer.

Les simulations et essais d'intervention réalisés ont mis en évidence la nécessité de disposer au plus tôt de la connaissance du mode de propulsion des véhicules afin de permettre une action efficace et en sécurité.

Initialement prévu pour réduire la mortalité consécutive aux accidents graves grâce à la réduction des délais d'intervention des services de secours aux personnes, un dispositif appelé « eCall » a été mis en place dans l'ensemble des pays européens. L'installation de ce dispositif s'impose aux constructeurs de véhicules lors de leur homologation, mais ne concerne aujourd'hui que les véhicules des catégories M₁⁽¹⁾ et N₁⁽²⁾. Les caractéristiques et exigences réglementaires à respecter sont fixées par le Règlement UE 2015/758 et normalisées. Les données transmises lors d'un appel eCall, qui peut être réalisé de manière automatique ou manuelle, comportent notamment la géolocalisation du véhicule, son type, sa catégorie, son numéro de série et son mode de propulsion. L'exploitation de ces données permet donc d'identifier rapidement les risques liés à l'intervention et d'adapter les modes d'action associés.

Vu la généralisation dans les nouveaux véhicules de dispositifs dialoguant avec l'extérieur, il apparaît opportun d'étendre l'obligation d'installation de l'eCall à tous les véhicules à moteur.

Recommandation R7 à destination de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) :

- **Engager auprès de l'UE les discussions visant à imposer dans un délai raisonnable l'application du règlement 2015/758 à toutes les catégories de véhicules à moteur.**

(1) Catégorie M₁ : véhicules à moteur conçus et construits essentiellement pour le transport de passagers et de leurs bagages et ne comprenant pas plus de huit places assises en plus de celle du conducteur et n'ayant pas d'espace pour des passagers debout

(2) : Catégorie N₁ : véhicules à moteur conçus et construits essentiellement pour le transport de marchandises et ayant une masse maximale qui n'excède pas 3,5 tonnes

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des mesures de pollution réalisées par le LCPP

Annexe 2 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 3 : Décision modificative d'ouverture d'enquête par suite d'un évènement du même type

Annexe 1 : Résumé des interventions du LCPP suite aux deux incendies

I. Incendie du 4 avril 2022 sur le boulevard Saint-Germain

I. 1. Le 4 avril 2022, à partir de 21 heures, les éléments suivants ont fait l'objet :

- de détections sur site de composés organiques et inorganiques dans l'air ambiant :
 - à environ 1,50 mètre du pack batterie encore fumant ;
 - à l'intérieur de l'hôtel situé au 49 bd Saint-Germain ;
 - au premier étage du même hôtel.
- de prélèvements à des fins d'analyses en laboratoire :
 - 4 prélèvements d'air en polluants gazeux dont les composés organiques volatils (COV) ;
 - 6 prélèvements surfaciques à des fins d'analyses des retombées du panache de fumées notamment en composés métalliques dont le lithium.

En synthèse, il a été mesuré sur site des niveaux de concentration très élevés en acides inorganiques à proximité des effluents issus des batteries (bromure d'hydrogène, acide cyanhydrique et acide fluorhydrique). Cependant, ces concentrations diminuaient fortement en s'éloignant de la source.

Les analyses réalisées ont permis de mettre en évidence la présence de composés organiques volatils habituellement retrouvés dans les fumées d'incendie (hexane, toluène et xylènes) à des concentrations faibles. D'autres molécules détectées moins couramment dans les fumées de combustion ont également pu être identifiées: tétraméthylsilane, triméthylsilanol, hexaméthylidisiloxane, hexaméthylcyclotrisiloxane et vinylsulfide.

Enfin, la présence d'aluminium, de fer, de lithium, de baryum, de zinc, de cuivre et de strontium en quantités importantes a été mise en évidence sur les différents prélèvements au sol.

Par ailleurs, des prélèvements ont été effectués sur des tenues de sapeurs-pompiers qui sont intervenus et les analyses en vue de rechercher des polluants éventuels ont montré :

- concernant les vestes ayant servi lors de l'intervention, les concentrations en polluants sont supérieures à celles des tenues témoins ;
- pour ce qui est des métaux, les éléments majoritaires sont le fer, l'aluminium, le lithium et le baryum et sont globalement identiques à ceux identifiés sur les prélèvements surfaciques réalisés lors de l'incendie de bus ;
- concernant les acides minéraux, les concentrations en ions sulfates sont supérieures à celles des tenues témoin. Pour les autres composés, les quantités mesurées sur les tenues témoin et tenues utilisées sont globalement du même ordre de grandeur. Il est à noter la présence d'ions fluorures sur une seule tenue ;
- en matière d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, les quantités sont faibles.

Une dernière série d'analyse a permis de mettre en évidence l'efficacité du lavage effectué sur les tenues.

I. 2. Le 12 avril 2022, des prélèvements surfaciques ont été réalisés en plusieurs points du V^e arrondissement.

Les analyses réalisées ont mis en évidence des concentrations très élevées en métaux (notamment fer, aluminium, lithium, cuivre, zinc, baryum) sur le trottoir, au niveau du 62 boulevard Saint-Germain, lieu du sinistre. En particulier, il est à noter une concentration en

lithium de 29000 µg/m². Aux autres points de prélèvement, les concentrations surfaciques sont nettement plus faibles.

I. 3. Le 11 octobre 2023, des prélèvements surfaciques ont été effectués, à des emplacements très proches de ceux du 12 avril 2022. Leurs analyses ont mis en évidence une nette diminution de la contamination en métaux, particulièrement pour le lithium sur le lieu de l'incendie du bus, au niveau du 62 Boulevard Saint-Germain, où les teneurs sont passées de 29 000 µg/m² à moins de 25 µg/m².

Il est à noter que pour de nombreux points de prélèvements, les concentrations en métaux, notamment en aluminium, fer, manganèse, cuivre, zinc et plomb sont plus élevées qu'en avril 2022, mettant en évidence d'autres sources de contamination que l'incendie.

II. Incendie du 29 avril 2022 sur l'avenue de France

II. 1. Le 29 avril 2022, à partir de 10 h 30, les éléments suivants ont fait l'objet :

- de détections sur site de composés organiques et inorganiques dans l'air ambiant :
 - des locaux de la direction de l'urbanisme de la ville de Paris sis 121 avenue de France ;
 - dans la rue, derrière la lance de la brigade des sapeurs-pompiers, en amont du bus incendié ;
 - du restaurant « EXKI » sis 116, avenue de France ;
 - devant le magasin de sport « Décathlon » sis 113, avenue de France ;
 - du restaurant « The Frog and British Library » sis 114, avenue de France.
- de prélèvements à des fins d'analyses en laboratoire :
 - 6 prélèvements d'air en polluants gazeux dont les composés organiques volatils (COV) et les acides inorganiques (dont l'intérieur du bus) ;
 - 13 prélèvements surfaciques des retombées du panache de fumées notamment en composés métalliques dont le lithium (métal constitutif des batteries) ;
 - des eaux d'extinction.

En synthèse, des détections ponctuelles en acide cyanhydrique (HCN), sulfure d'hydrogène (H₂S) et monoxyde de carbone (CO) ont mis en évidence la présence de ces composés à l'intérieur des locaux de la direction de l'urbanisme de la ville de Paris au début du sinistre, notamment au rez-de-chaussée. Par la suite, les détections ont diminué (les teneurs en HCN passant de 16 à 6 ppm), pour être après plusieurs minutes inférieures aux limites de détection du matériel de mesure (< 1 ppm).

Une concentration de 37,5 mg/m³ d'acide phosphorique a été mesurée dans l'air à proximité du site d'incendie, en amont de la lance de la brigade des sapeurs-pompiers protégeant la zone sinistrée.

Des concentrations surfaciques très élevées en métaux (notamment en lithium, en aluminium, en fer, en zinc, en cuivre, en baryum ...) ont été mises en évidence sur le trottoir, au niveau du 121 avenue de France, à l'endroit du sinistre. En particulier, une concentration en lithium de 49 000 µg/m² a ainsi été mesurée.

Les concentrations surfaciques en métaux, varient fortement en fonction des localisations mais également en fonction de la nature des métaux. En effet, sur 2 points proches (2 et 6 rue de Tolbiac), les concentrations en fer sont pratiquement comparables (140 000 µg/m² et

110 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$), alors que pour le lithium elles sont complètement différentes, avec le maximum au n° 2 à 68 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ et le minimum au n° 6 à moins de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^2$.

Pour les composés organiques volatils, il n'a pas été mis en évidence de concentrations anormalement élevées dans les prélèvements effectués aux différents points.

Concernant les eaux d'extinction, par comparaison avec le prélèvement d'eaux d'extinction propres, le prélèvement d'eaux d'extinction souillées présente une concentration notable en lithium, de 4.4 mg/l. A priori, il n'existe pas de valeur limite de rejet pour ce métal. Pour les autres métaux, les concentrations restent, à titre indicatif, inférieures aux valeurs limites de rejet pour les eaux usées (cf. arrêté du 02/02/1998).

II. 2. Le 11 octobre 2023, des prélèvements surfaciques ont été réalisés à des emplacements très proches de ceux du jour de l'incendie.

Les analyses mettent en évidence une nette diminution de la contamination en lithium, particulièrement sur le lieu de l'incendie du bus, où les teneurs sont passées de 68 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ à moins de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Pour les autres métaux, une diminution de la contamination est également observée pour tous les lieux de prélèvements, à l'exception de ceux réalisés au niveau des n° 81 et 87 de la rue du Chevaleret.

Annexe 2 : Décision d'ouverture d'enquête



Le Directeur

La Défense, le - 2 MAI 2022

DECISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le Code des transports et notamment les articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 relatifs, en particulier, à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport terrestre ;

Vu les circonstances de l'incendie d'un autobus RATP à propulsion électrique survenu boulevard Saint-Germain à Paris dans le 5^e arrondissement le 4 avril 2022 ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-1 et R. 1621-22 du Code des transports concernant l'incendie d'un autobus de la RATP survenu le 4 avril 2022 à Paris 5^e.



Jean-Damien PONCET

Annexe 3 : Décision modificative d'ouverture d'enquête



Le Directeur

La Défense, le 27 juin 2022

DÉCISION modificative

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le Code des transports et notamment les articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 relatifs, en particulier, à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport terrestre ;

Vu la décision du 2 mai 2022 d'ouverture d'une enquête technique en application des articles L. 1621-1 et R. 1621-22 du Code des transports concernant l'incendie d'un autobus à propulsion électrique de la RATP survenu le 4 avril 2022 à Paris 5^e ;

Vu les circonstances de l'incendie d'un deuxième autobus RATP de la même série survenu au terminus « Bibliothèque François Mitterrand » dans le XIII^{ème} arrondissement de Paris le 29 avril 2022 ;

décide

Article 1 : L'enquête technique ouverte le 2 mai 2022 en application des articles L. 1621-1 et R. 1621-22 du Code des transports concernant l'incendie d'un autobus de la RATP survenu le 4 avril 2022 à Paris 5^e est étendue à l'incendie d'un deuxième autobus de la RATP survenu le 29 avril 2022 au terminus « Bibliothèque François Mitterrand » dans le XIII^{ème} arrondissement de Paris.

Jean-Damien PONCET

Règlement général de protection des données

Le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) est investi d'une mission de service public dont la finalité est la réalisation de rapports sur les accidents afin d'améliorer la sécurité des transports terrestres (articles L. 1621-1 et 1621-2 du code des transports, voir la page de présentation de l'organisme).

Pour remplir cette mission, les personnes chargées de l'enquête, agents du BEA-TT habilités ainsi que d'éventuels enquêteurs extérieurs spécialement commissionnés, peuvent rencontrer toute personne impliquée dans un accident de transport terrestre (articles L. 1621-14) et recueillir toute donnée utile.

Ils traitent alors les données recueillies dans le cadre de l'enquête dont ils ont la responsabilité uniquement pour la seule finalité prédéfinie en garantissant la confidentialité des données à caractère personnel. Les rapports d'enquêtes sont publiés sans le nom des personnes et ne font état que des informations nécessaires à la détermination des circonstances et des causes de l'accident. Les données personnelles sont conservées pour une durée de 4 années à compter de la publication du rapport d'enquête, elles sont ensuite détruites.

Le traitement « Enquête accident BEA-TT » est mis en œuvre sous la responsabilité du BEA-TT relevant du ministère des transports. Le ministère s'engage à ce que les traitements de données à caractère personnel dont il est le responsable de traitement soient mis en œuvre conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (ci-après, « règlement général sur la protection des données » ou RGPD) et à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

Les personnes concernées par le traitement, conformément à la législation en vigueur, peuvent exercer leurs droits auprès du responsable de traitement : **droit d'accès aux données, droit de rectification, droit à la limitation, droit d'opposition.**

Pour toute information ou exercice de vos droits, vous pouvez contacter :

1- Le responsable de traitement, qui peut être contacté à l'adresse suivante :

- à l'adresse : bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère des transports

À l'attention du directeur du BEA-TT

Grande Arche - Paroi Sud, 29^e étage, 92055 LA DEFENSE Cedex

2- Le délégué à la protection des données (DPD) du ministère :

- à l'adresse : ajag2.daj.sg@developpement-durable.gouv.fr ;

- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère des transports

À l'attention du Délégué à la protection des données

SG/DAJ/AJAG2

92055 La Défense cedex

Vous avez également la possibilité d'adresser une réclamation relative aux traitements mis en œuvre à la Commission nationale informatique et libertés.

(3 Place de Fontenoy - TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07)



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex

Téléphone : 01 40 81 21 83

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

