

Référence : 14-000767b-GAU/MDA
Affaire : LY-13-131522 (13-L049)

ANALYSE ET REDUCTION DES RISQUES LIES A L'INCENDIE POUR LES TRANSPORTS PAR CABLE AERIEN EN MILIEU URBAIN

RAPPORT DE SYNTHESE - PRINCIPES ET CLES METHODOLOGIQUES

Client demandeur	Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG)
Référence et date de commande	Notification du marché 2013-003 le 03 janvier 2014 Engagement Juridique n° 1505031280
Projet	Analyse des dispositions aptes à prévenir les risques liés à l'incendie dans les remontées mécaniques

Date : 23 octobre 2014
Indice de révision : B
Nombre de pages : 37

Auteur(s) :
Gildas AUGUIN

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	05/09/2014	Version initiale
B	23/10/2014	Version suite à réunion du 22/10/2014

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	4
1.1	Contexte	4
1.2	Objet du guide	4
1.3	Périmètre	4
2.	ANALYSE DES RISQUES LIES A L'INCENDIE	6
2.1	Approche performantielle	6
2.1.1	Identification des Evénements Redoutés	7
2.1.2	Identification des cibles	7
2.1.3	Identification des critères de performance	8
2.1.4	Identification des scénarios d'incendie	8
2.1.5	Analyse des scénarios d'incendie et de leurs effets	9
2.1.6	Mise en place de barrières de défense robustes	9
2.2	Objectifs de sécurité et exigences fonctionnelles	9
2.3	Évènements redoutés et identification des cibles	11
2.4	Critères de Performance des cibles - CP	12
2.5	Identification des scénarios d'incendie	12
2.6	Quantification des scénarios et de leurs effets	13
3.	REDUCTION DES RISQUES LIES A L'INCENDIE	15
3.1	Barrières de sécurité	15
3.2	Fonctionnalité	16
4.	CONCLUSION/SYNTHESE	21
5.	DOCUMENTS DE REFERENCE	22
5.1	Références réglementaires et normatives	22
5.2	Références techniques	23
5.3	Documents support	24
ANNEXE A	ÉVÉNEMENTS REDOUTES RETENUS COMME SENSIBLES	26
ANNEXE B	CRITERES DE PERFORMANCE	30
ANNEXE C	SCENARIOS D'INCENDIE DE REFERENCE DES TIERS.....	32
ANNEXE D	CARACTERISTIQUES DES COURBES DE DEVELOPPEMENT DE FOYER D'INCENDIE	36

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Les installations de transport par câble aérien sont historiquement et quantitativement associées à une implantation montagnarde en milieux naturels ou péri-urbains. C'est dans ce contexte que les exigences techniques réglementaires ont été définies par l'arrêté du 7 août 2009 modifié par l'arrêté du 20 mai 2010, relatif à la conception, à la réalisation, à la modification, à l'exploitation et à la maintenance des téléphériques.

Cet arrêté est accompagné de plusieurs guides techniques rédigés sous la direction du Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG) :

- Le guide RM2, relatif à la conception générale et la modification des téléphériques [2] ;
- Le guide RM1, relatif à l'exploitation et la maintenance des téléphériques [3].

Les exigences de sécurité prévues par l'arrêté sont présumées satisfaites dès lors que les dispositions prévues par ces guides sont respectées.

Relativement nouvelle et innovante, l'implantation de téléphériques ou télécabines en milieu urbain est de nature à induire de nouveaux risques, non pris en compte lors de la rédaction de ces textes. Il s'agit notamment du risque incendie qui fait peser sur les installations de transport, des agressions potentielles complémentaires, pouvant justifier une étude de risque spécifique.

Ainsi, le Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG) a souhaité qu'EFFECTIS France étudie la problématique d'intégration des transports aériens par câble en milieu urbain vis-à-vis du risque incendie.

Les objectifs poursuivis par cette étude sont de :

- Fournir des éléments de compréhension de la problématique aux services instructeurs et aux porteurs de projets, afin d'anticiper l'évolution du niveau de risque incendie des installations suite à leur intégration en milieu urbain ;
- Formaliser les principes méthodologiques des études de risque incendie destinées à évaluer le niveau de sécurité des installations et à justifier de la pertinence et de la suffisance des barrières de sécurité mise en œuvre.

1.2 OBJET DU GUIDE

Le présent document a pour objet de synthétiser des éléments de méthodologie pour l'analyse et la réduction des risques liés à l'incendie dans le cadre des transports par câble aérien en milieu urbain. Les éléments d'analyse et de justification font l'objet de rapports indépendants, présenté au §2.1.

Ces principes méthodologiques permettent d'identifier dans quelle mesure l'implantation d'une installation de téléphériques et télécabines en milieu urbain est susceptible d'apporter des risques nouveaux, et potentiellement plus élevés, à la collectivité et, réciproquement, quels sont les risques auxquels l'installation peut être exposée.

Ce guide permet d'identifier les scénarios d'incendie de référence, de proposer des méthodes d'évaluation quantitative de leur effets, et de fournir des solutions permettant de satisfaire les objectifs de sécurité associés à des exigences et critères de performance, qui auront été préalablement définis.

1.3 PERIMETRE

Faisant suite aux observations, analyses et conclusions réalisées au cours de l'étude, ce rapport de synthèse traite exclusivement des risques apportés par l'environnement urbain des installations de téléphériques.

L'analyse porte sur les sous-systèmes suivants :

- Les câbles porteurs et tracteurs et les liaisons entre pylônes, en dehors des gares et stations ;
- Les pylônes et leurs équipements mécaniques ;
- Les cabines en dehors de leur présence en gare ou station.

N'entrent donc pas dans le champ de l'étude, les ouvrages et équipements dont le niveau de sécurité demeure sensiblement similaire à celui des mêmes installations implantées en milieu montagnard ce qui, pour l'essentiel, concerne les stations et les gares.

De même, les interactions entre sous-systèmes des installations de téléphériques ou télécabines ne sont pas considérées (ex : feu de télécabine sur les câbles). Il s'agit d'un risque interne à l'installation, indépendant de son lieu d'implantation.

2. ANALYSE DES RISQUES LIES A L'INCENDIE

2.1 APPROCHE PERFORMANTIELLE

L'acceptabilité d'un projet de transport aérien par câble en milieu urbain doit s'appuyer sur la démonstration d'un niveau satisfaisant de maîtrise des risques. Cette démonstration s'articule autour de deux axes distincts et complémentaires :

- Partie 1 : La conformité de l'installation aux prescriptions de sécurité imposées par les codes et règlements applicables.
 - ⇒ La non-conformité à une exigence implique un niveau de sécurité non acceptable en l'absence de mesure compensatoire.
- Partie 2 : La démonstration que l'installation peut fonctionner sans compromettre la sécurité des personnes (public, personnel ou secours) et des biens, et ne pas nuire à l'environnement.
 - ⇒ Ainsi, le maître d'ouvrage doit démontrer, avec un niveau de confiance suffisant, que l'ensemble des mesures mises en place permettent d'atteindre cet objectif de sécurité général, pour l'ensemble des risques d'incendie internes ou externes à son installation.

De fait, le dossier de sécurité d'un projet de transport aérien par câble doit, pour ce qui concerne le risque incendie, s'articuler autour de la démarche suivante :

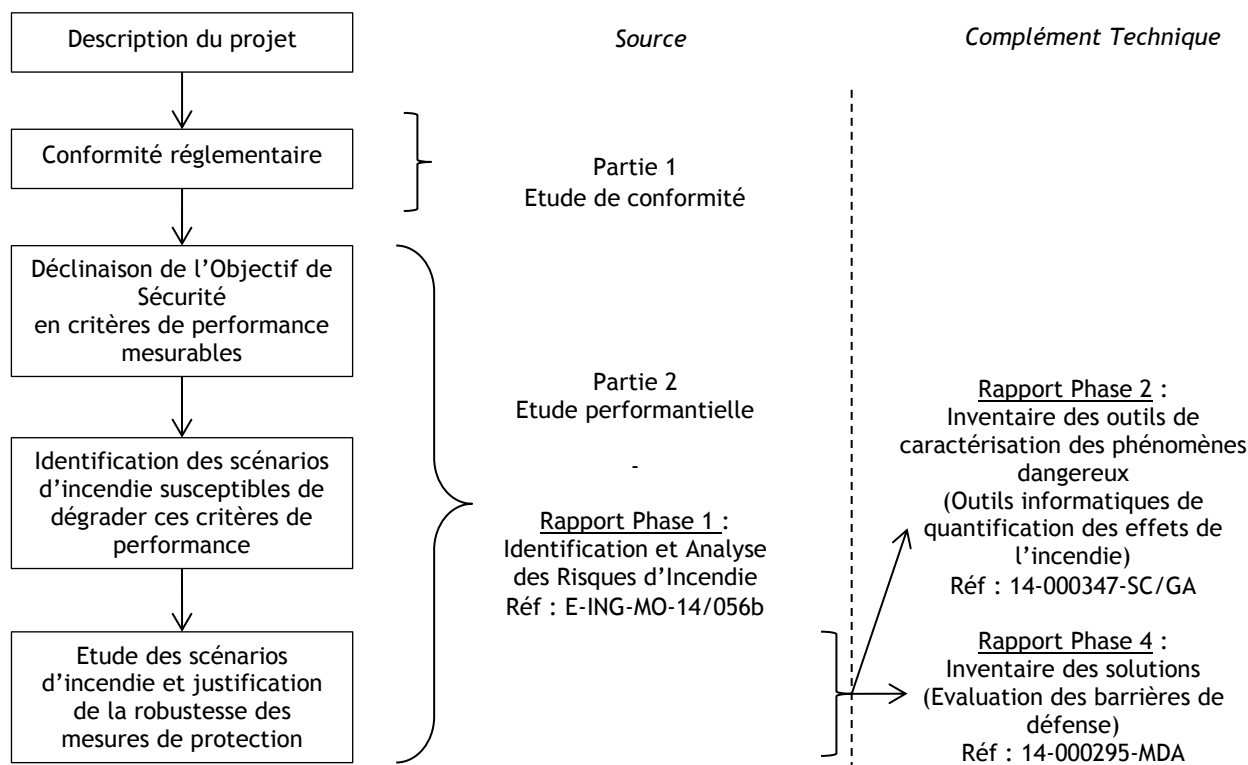


Figure 2-1 : Diagramme générale du dossier de sécurité incendie

L'analyse des risques liés à l'incendie s'inscrit donc comme une approche performantielle (partie 2 du dossier de sécurité). La conformité réglementaire est analysée par rapport aux textes applicables.

Dans la mise en œuvre de l'approche performantielle des risques d'incendie, il est possible d'identifier les étapes clés suivantes, permettant d'aboutir à une analyse de la problématique et, à la justification de la maîtrise du risque :

- Détermination des Objectifs de Sécurité (OS) et Exigences Fonctionnelles (EF)
- Traduction de l'Objectif de Sécurité en « Événements Redoutés (ER) » ;
- Identification des Cibles dont l'intégrité est nécessaire pour éviter un ER ;

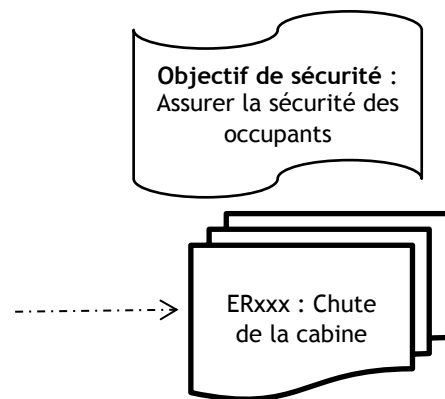
- Définition des Critères de Performance des cibles face aux effets de l'incendie ;
- Identification des scénarios d'incendie qui peuvent venir aggraver les cibles ;
- Analyse et quantification des scénarios d'incendie et de leurs effets ;
- Détermination des mesures de réduction, Barrières de Sécurité, a adopté ;
- Justification de la robustesse des Barrières de Sécurité.

Remarque : cette démarche déterministe n'est pas spécifique. Elle est issue des méthodologies d'analyse de risques éprouvées, prise en compte pour le risque incendie dans les analyses de sûreté des installations nucléaires de base.

2.1.1 IDENTIFICATION DES EVENEMENTS REDOUTES

A partir du ou des objectifs de sécurité recherchés, l'étude des risque d'incendie doit identifier de manière exhaustive l'ensemble des situations qui pourraient porter atteinte à cette objectif.

Tout l'enjeu de l'étude sera ensuite d'identifier l'ensemble des causes pouvant être à l'origine de ces Evénements Redoutés.

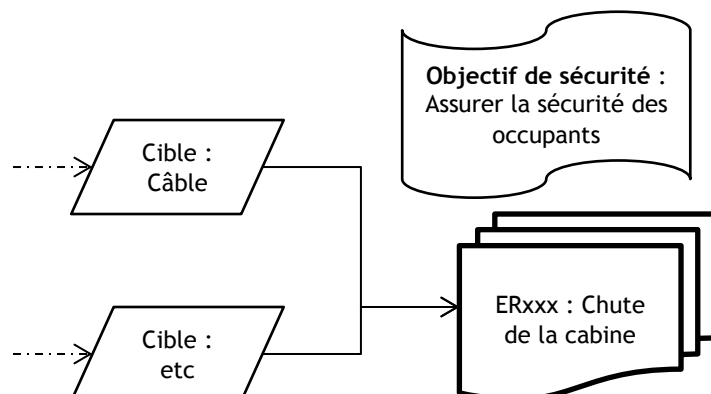


2.1.2 IDENTIFICATION DES CIBLES

L'ER étant connu, il convient d'identifier tous les équipements ou fonctions dont la défaillance unique ou combinée, peut conduire à la réalisation de l'accident.

Il s'agit de passer du principe à son application sur l'installation telle que construite.

L'identification des principales cibles associées à une installation de transport aérien par câble est détaillée au §2.3



2.1.3 IDENTIFICATION DES CRITERES DE PERFORMANCE

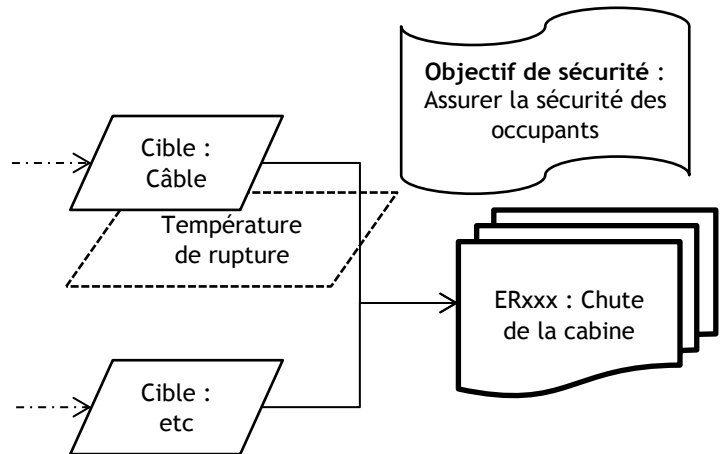
Les cibles étant identifiées, il est nécessaire de savoir à partir de quand et sur quels critères il est possible de se prononcer sur dégradation ou leur intégrité, face aux effets d'un incendie.

On caractérise donc pour chaque cible son ou ses critères de performance.

Ainsi, si un critère est atteint, il sera possible de conclure dans la réalisation de l'Événement Redouté.

Le projet ne serait alors pas acceptable en l'état.

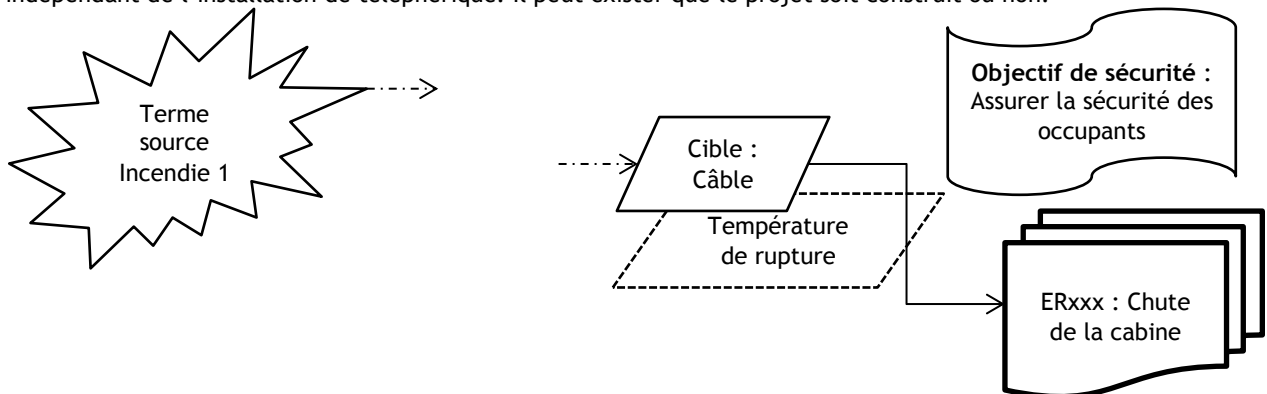
Certains critères de performance enveloppe sont présentés au §2.4



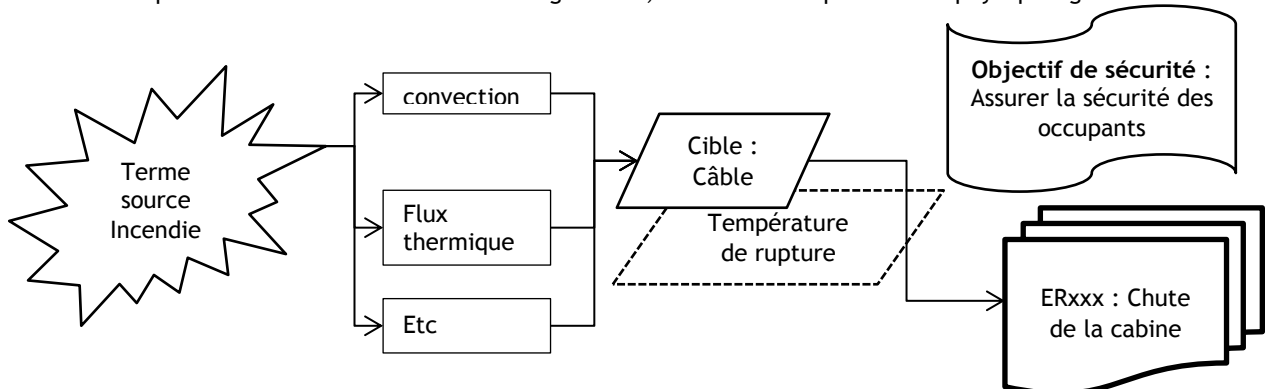
2.1.4 IDENTIFICATION DES SCENARIOS D'INCENDIE

En s'appuyant sur le retour d'expérience, l'étude du projet d'installation et de l'environnement du tracé, il est possible de mettre en avant un nombre significatif de feu plausibles sur la ligne ou dans son environnement immédiat. Ces phénomènes agresseurs font l'objet d'une identification par famille au **SErrreur ! Source du renvoi introuvable..**

Pour chacune des familles de départ de feu, on identifie le ou les scénarios enveloppe, représentatifs de scénarios d'incendie envisageable. C'est sur cette base qu'il sera possible de modéliser / quantifier l'incendie. Ces scénarios enveloppe (ou de référence) constituent le « Terme source » de l'incendie. A ce stade, ce terme source est indépendant de l'installation de téléphérique. Il peut exister que le projet soit construit ou non.



Il est dès lors nécessaire de faire le lien (ou de démontrer l'absence d'un tel lien), entre le terme source incendie et la cible. Cette analyse des vecteurs d'agression, permet d'identifier les configurations entre cibles et termes sources. Il est dès lors possible d'identifier les vecteurs d'agressions, c'est-à-dire le phénomène physique agresseur de la cible.



2.1.5 ANALYSE DES SCENARIOS D'INCENDIE ET DE LEURS EFFETS

Le ou les liens étant déterminés entre le terme source incendie, il est dès lors possible de quantifier le niveau d'agression reçu par la cible.

A partir de ce niveau d'agression, on détermine si la cible est dégradée ou non et si l'ER est réalisé ou non.

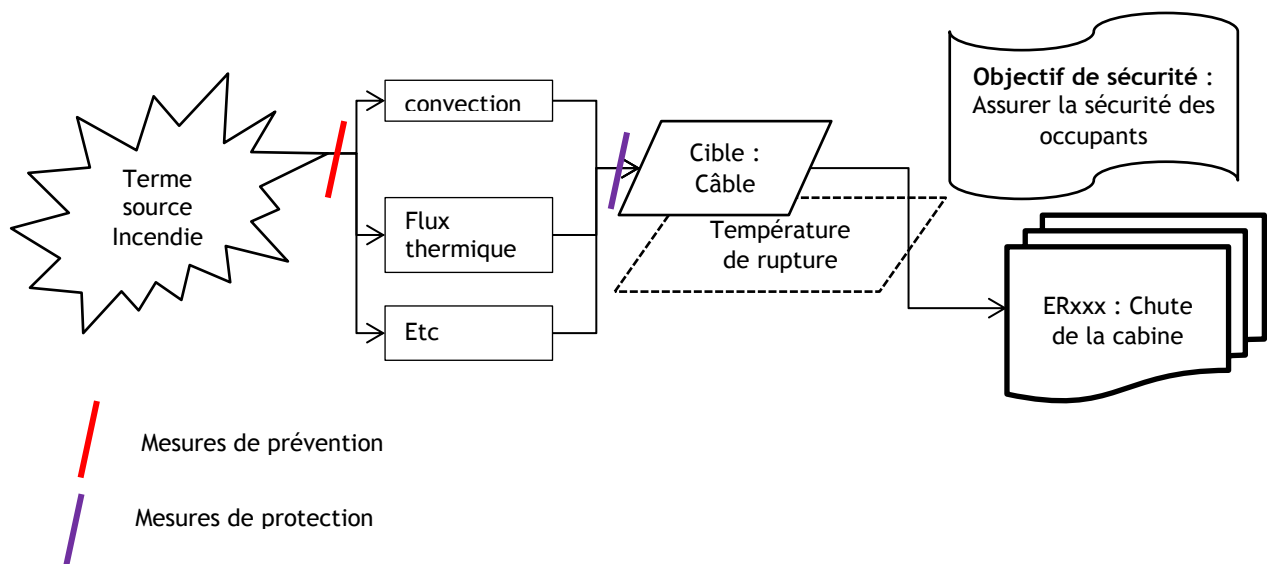
L'acceptabilité de la démonstration passe par l'absence de réalisation de l'ensemble des ER moyennant, le cas échéant, la mise en place de mesures compensatoires robustes pour atteindre cet objectif.

2.1.6 MISE EN PLACE DE BARRIERES DE DEFENSE ROBUSTES

Si la cible est dégradée, il est alors indispensable de prévoir des mesures de protection pour empêcher la réalisation de l'ER. On s'assurera que ces mesures sont suffisamment robustes pour garantir un niveau de sécurité satisfaisant.

Les mesures de protection, ou barrières de défense sont alors déterminées en fonction des objectifs suivants :

- Empêcher l'incendie (action de prévention sur le terme source)
- Empêcher les vecteurs d'agression d'atteindre la cible (action de protection de la cible ou de mitigation des phénomènes agresseurs)



Si ces mesures ne sont pas suffisantes, on s'attachera alors à rendre la cible non vulnérable (par exemple en assurant une redondance fonctionnelle).

2.2 OBJECTIFS DE SECURITE ET EXIGENCES FONCTIONNELLES

Les objectifs de sécurité constituent la base de l'application de l'analyse de risque incendie. Ce sont ces objectifs de sécurité qui orientent la solution de conception de l'ouvrage en matière de sécurité incendie, la sélection des scénarios d'étude et le choix des outils qui seront utilisés pour l'évaluation.

Pour permettre la quantification d'un "niveau de sécurité" ou, pour le moins, de comparer les résultats d'une évaluation aux objectifs de sécurité attachés à un ouvrage, il est nécessaire que des exigences fonctionnelles et des critères de performance soient associés à ces objectifs.

En s'appuyant sur les travaux réalisés au sein du Projet National de l'Ingénierie de la Sécurité Incendie (PN ISI) [43], sont étudiés les objectifs et critères permettant de justifier du niveau de risque d'une installation, suivant une approche performantielle s'articulant autour des trois niveaux suivant :

- **Les Objectifs de Sécurité incendie (OS)** : Exigences générales traduisant les fondements de la sécurité incendie recherchée pour l'ouvrage concerné et exprimées dans des termes qualitatifs compréhensibles par l'ensemble des parties intéressées ;
- **Les Exigences Fonctionnelles (EF)** : Exigences qualitatives traduisant les objectifs de sécurité recherchés en termes fonctionnels d'aptitudes à remplir par différentes parties de l'ouvrage ;
- **Les Critères de Performance (CP) des cibles** : Exigences visant à traduire les objectifs de sécurité et exigences fonctionnelles en termes quantifiables. Les critères de performance concernent la vulnérabilité des cibles liées aux objectifs et peuvent être associés à des critères d'occurrence selon le type d'analyse considéré dans l'appréhension des risques d'incendie de l'ouvrage.

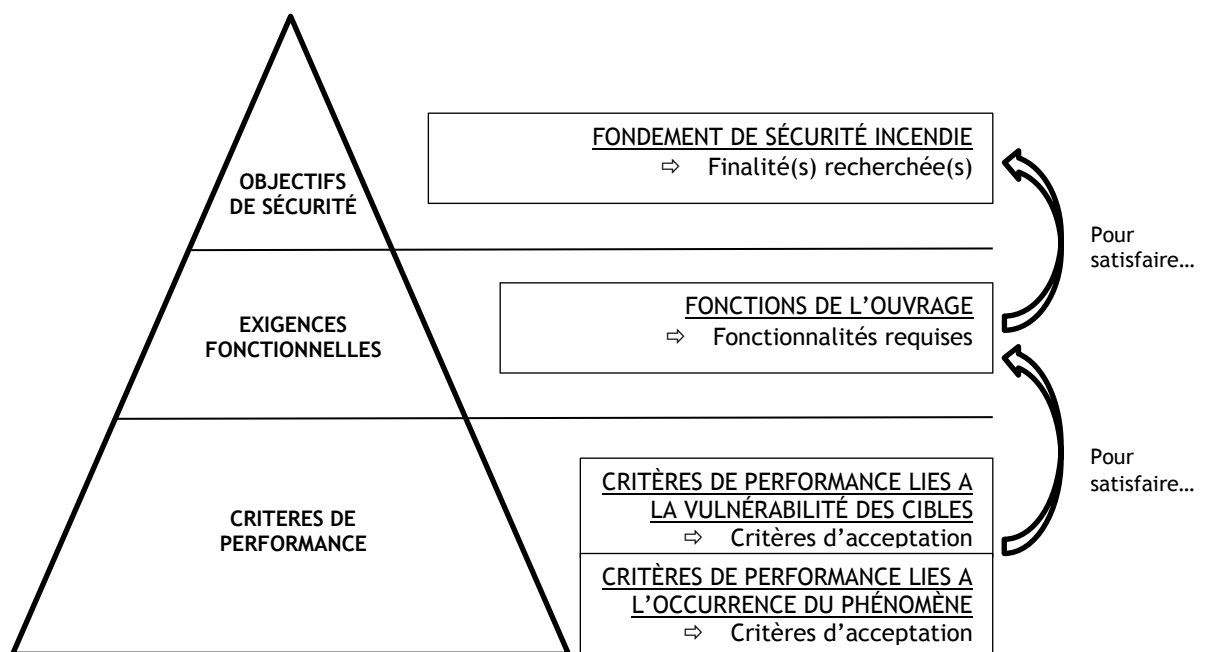


Figure 2-2 : Objectifs de Sécurité

L'objectif principal de sécurité est la protection de la santé et de la vie des personnes, qu'il est possible de décliner en différents Objectifs élémentaires de Sécurité auxquels on associe alors une exigence fonctionnelle :

- **Objectif de Sécurité 1 (OS1) :** La protection des occupants des véhicules de transport par câble aérien lors d'un incendie survenant dans l'environnement de la ligne ;

Les exigences fonctionnelles (EF) à satisfaire pour atteindre cet objectif sont alors :

- **Conditions de tenabilité satisfaisantes en cabine (EF1.1) :** les occupants des télécabines ou téléphériques ne doivent pas être affectés de façon irréversible par les effets d'un incendie dans l'environnement de la ligne jusqu'à ce qu'ils aient pu évacuer l'installation ou aient été évacués par les secours.
- **Conditions de tenabilité satisfaisantes sur la plateforme d'évacuation (EF1.2) :** Les occupants des cabines ne doivent pas être affectés par les effets d'un incendie externe à l'installation lors de l'évacuation au niveau de la station ou de la gare. La phase d'évacuation peut s'avérer délicate pour les occupants suivant leur connaissance des lieux, la visibilité, leur état physique ou émotionnel. Lorsque les occupants sont amenés à se déplacer dans des zones touchées par les effets de l'incendie, en fonction des dangers identifiés, les mesures de protection nécessaires doivent être mises en place pour assurer l'évacuation des occupants.
- **Objectif de Sécurité 2 (OS2) :** La protection des tiers dans l'environnement d'une installation de téléphériques ou de télécabines vis-à-vis des conséquences d'un sinistre incendie sur cette installation ;

Les exigences fonctionnelles (EF) à satisfaire pour atteindre cet objectif sont alors :

- **Conditions de tenabilité satisfaisante dans un bâtiment voisin (EF2.1) :** les mesures nécessaires doivent être mises en place pour assurer la santé et la vie des tiers dans les bâtiments avoisinantes, sans qu'ils soient obligés de quitter les lieux, en cas d'incendie sur un équipement du téléphérique.

- Conditions de tenabilité satisfaisante en extérieur (EF2.2) : la santé et la vie des tiers se trouvant dans une zone voisine au bâtiment, à l'air libre, ne doivent pas être affectées par les effets dus à l'incendie sur un équipement du téléphérique, tant qu'ils n'auront pas pu s'éloigner suffisamment des zones impactées.
- Objectif de Sécurité 3 (OS3) : La préservation d'un niveau de sécurité suffisant pour les équipes d'intervention et de secours vis-à-vis des conséquences d'un sinistre incendie sur une installation de transport par câble aérien.

Les exigences fonctionnelles (EF) à satisfaire pour atteindre cet objectif sont alors :

- Conditions de tenabilité satisfaisante lors de la reconnaissance (EF3.1) : un incendie sur la ligne ne doit pas limiter l'accessibilité des services de secours.
- Conditions de tenabilité satisfaisante pour les opérations de sauvetage (EF3.2) : un départ de feu dans l'environnement de la ligne ne doit pas porter atteinte aux opérations de sauvetage et de récupération des occupants. Cette exigence recouvre à la fois l'exigence des conditions de tenabilité satisfaisante aux postes de commande pour toute la durée de l'évacuation et l'exigence de disponibilité des organes nécessaires à cette mise en sécurité.
- Absence de variation brutale des conditions de tenabilité lors des opérations de lutte contre l'incendie (EF3.3) : un départ de feu sur la ligne ou dans son environnement ne doit pas conduire à des phénomènes dont la détectabilité et la cinétique est incompatible avec la mise en sécurité des services de secours, comme l'effondrement de la plateforme d'intervention ou la ruine d'un pylône.

2.3 ÉVÉNEMENTS REDOUTES ET IDENTIFICATION DES CIBLES

L'évènement redouté se définit comme la manifestation de la défaillance ne permettant pas de garantir les exigences fonctionnelles. Au regard des objectifs de sécurité définis dans le cadre de l'analyse de risque incendie de transport par câble aérien en milieu urbain, les événements redoutés correspondent ¹ :

- Au dépassement des critères de tenabilité pour les personnes en termes de température, flux radiatif ou toxicité ;
- A la propagation de l'incendie ;
- A la chute d'éléments constitutifs de la ligne ;
- A la perte de stabilité d'éléments porteurs.

Il convient ensuite d'identifier les cibles de ces événements redoutés. Elles sont les suivantes :

- Les personnes (Ci1) qu'on déclinera en trois sous-catégories :
 - le personnel et public occupant la ligne (Ci1.1)
 - les tiers dans ou à l'extérieur de bâtiments dans l'environnement de la ligne (Ci1.2)
 - le personnel des services de secours (Ci1.3)
- La cabine destinée à recevoir et transporter les passagers (Ci2) ;
- Le système de fixation de la cabine (le chariot, la suspente, les attaches de fixations de la cabine à la suspente, etc.) (Ci3) ;
- Les câbles incluant :
 - Le(s) câble(s) porteur(s) (Ci4)
 - Le(s) câble(s) tracteur(s) et les pinces ou attaches de fixation (Ci5)
- Les pylônes et leurs équipements mécaniques (Ci6) ;
- Les automatismes d'arrêt d'urgence² (Ci7) ;
- Les galets des pylônes³ (Ci8) ;
- D'autres cibles peuvent être identifiées par le projet s'il est montré que leur dégradation peut impacter les conditions de sécurité en situation d'incendie.

¹ On pourra se référer à l'ANNEXE A pour plus de détails sur les événements redoutés en fonction de l'objectif de sécurité (OS) recherché

² La mise en sécurité de l'installation, en raison de la dégradation d'un équipement (ex : capteur), est susceptible de d'aggraver les conséquences d'un incendie en retardant ou en empêchant l'évacuation des personnes

³ La dégradation des galets est susceptible d'empêcher la mise en sécurité des personnes (blocage de l'installation)

2.4 CRITERES DE PERFORMANCE DES CIBLES - CP

Aux objectifs de sécurité et exigences fonctionnelles sont associés un ou plusieurs critères de performance. Ceux-ci traduisent la sensibilité des cibles aux effets de l'incendie. Ils permettent de vérifier l'atteinte des objectifs de sécurité en vérifiant la survenue de l'évènement redouté.

Ces critères représentent le niveau de performance à atteindre. C'est-à-dire qu'ils fixent l'intensité du phénomène dangereux au-delà duquel la cible ne doit pas être exposée.

Ces critères concernent :

- les conditions de tenabilité pour les personnes en termes de température, de flux thermique reçu, de toxicité ;
- les conditions de propagation en termes de flux thermique ou température critique d'inflammation des matériaux combustibles ;
- les conditions de tenue mécanique sous agression incendie, définis par exemple en termes de température mécanique critique des éléments (Eurocodes).

On propose en ANNEXE B des critères de performance en fonction des cibles considérés qui représentent un guide pour la définition des critères spécifiques à chaque étude, devant être justifiés au cas par cas.

2.5 IDENTIFICATION DES SCENARIOS D'INCENDIE

Il est ensuite nécessaire d'identifier les scénarios d'incendie potentiels pouvant conduire aux évènements redoutés.

On identifie alors deux types de scénarios :

- Les scénarios d'incendie sur la ligne du transport par câble aérien ;
- Les scénarios d'incendie dans l'environnement de la ligne de transport par câble aérien.

Un départ de feu sur la ligne ne peut raisonnablement trouver son origine qu'en cabine⁴. Deux situations sont alors envisageables.

- Un départ de feu dans une cabine transportant des marchandises et en l'absence de personnel se déclare après la sortie de la gare, en raison d'une défaillance électrique, et se propage aux charges calorifiques présentes (CAB01).
- Un départ de feu se déclare au sein d'une cabine immobilisée au droit d'un pylône lors d'opérations de maintenance en raison de celles-ci ou d'une défaillance électrique. Le départ de feu se propage alors à la charge calorifique présente (CAB02).

En fonction de la distance aux cibles, un tel scénario pourrait porter atteinte aux tiers et aux services de secours, notamment par la chute d'éléments de structure (cabine...), enflammés ou non. Toutefois, l'intensité du phénomène reste modérée et il conviendrait de s'attacher avant tout aux effets dominos potentiels susceptibles de s'initier avec une cinétique rapide (stockage de liquide inflammable sous la ligne par exemple).

Pour autant, les phénomènes accidentels sont à pondérer dans leur fréquence de survenue d'une part (transport de charge, situation de maintenance) et dans la durée du phénomène, lié à la charge calorifique mobilisable, d'autre part.

Il semble préférable de s'orienter vers des réponses ponctuelles adaptées (mise en place de procédures particulières) au regard de ce risque de niveau improbable et dont les conséquences restent somme toute limitées à l'environnement de la ligne.

Toutefois, pour des configurations particulières où la ligne serait localisée au-dessous ou au travers d'ouvrages, une analyse plus spécifique devrait être réalisée, notamment au regard du risque d'immobilisation d'une cabine en feu à ce niveau. En effet, le cumul d'effets (thermique radiatif, convectif, contact avec les flammes, propagation des fumées), induit une augmentation significative du niveau de risque.

Le risque de fréquence associé à un départ de feu lors des phases de transport de personne paraît peu impactant pour l'environnement de la ligne au regard de la charge calorifique mobilisable et en dehors d'actes de malveillances ou de

⁴ On rappelle que les départs de feu en gares ou stations intermédiaires ne sont pas intégrés dans la méthodologie

terrorisme. En outre, des dispositions d'exploitation importantes sont mises en œuvre pour assurer la sécurité des passagers et la fiabilité de ce mode de transport.

Concernant les scénarios d'incendie dans l'environnement de la ligne de transport par câble aérien, l'étude des configurations à risque [71] a permis de mettre en évidence l'importance et la diversité des atteintes possibles (événements redoutés) d'une installation de téléphérique située dans l'emprise d'un sinistre incendie produit par un tiers qu'il se situe sous la ligne de téléphérique, à côté ou au-dessus. On indique en ANNEXE C les scénarios de référence susceptibles d'être produit par un tiers

L'exposition d'un téléphériques aux effets de l'incendie serait susceptible, en l'absence de mesure compensatoire, de porter directement atteinte à l'intégrité physique des occupants. De plus, l'agression thermique des éléments de structure pourrait entraîner la ruine d'éléments sur des tiers et le personnel des services de secours, ce qui constitue une aggravation du risque de feu urbain, par effet domino, vis-à-vis d'une situation où il n'y aurait pas d'installation de transport aérien par câble.

Un départ de feu en contexte urbain est un événement à forte probabilité d'occurrence pour lequel il convient donc de disposer de barrières de défense robustes, destinées à prévenir l'agression des cibles par les phénomènes physiques de l'incendie (radiation, convection, fumées...).

Pour les effets directs de l'incendie, des mesures complémentaires (marche incendie...) doivent permettre de garantir, avec un haut niveau de confiance, la protection des occupants.

Il conviendra alors pour ces deux situations d'incendie d'identifier les scénarios les plus pénalisants en tenant compte des vecteurs d'agression et donc la possibilité de survenue d'un Événement Redouté.

Ces vecteurs d'agression à tenir compte sont :

- La position des cibles par rapport au terme source ;
- La distance entre les cibles et ce terme source ;
- La durée d'exposition (vitesse de passage) de la cible aux effets de l'incendie ;
- Le type de foyer.

2.6 QUANTIFICATION DES SCENARIOS ET DE LEURS EFFETS

La quantification des scénarios d'incendie nécessite de pouvoir quantifier les paramètres physique du foyer.

Les principaux critères pertinents associés à des foyers potentiels portent sur le débit calorifique, la charge calorifique mobilisable et la cinétique de croissance de l'incendie.

Le **débit calorifique de l'incendie** ⁵ (watt : $W=J/s$) caractérise la libération de l'énergie en fonction du temps. Il dépend essentiellement de la nature du combustible (liquide inflammable, combustibles liquide ou solides, plastiques, cellulosique ou alcoolique,..) et de la surface en feu impliquée.

Le **potentiel calorifique** (joules : J) d'un feu caractérise la quantité totale de combustible mobilisable en situation d'incendie. Le potentiel calorifique variera en fonction des scénarios étudiés.

La **cinétique de développement** ($s/W^{0,5}$) d'un feu caractérise la croissance à laquelle le foyer va monopoliser l'ensemble de sa surface potentielle de feu. Il dépend de la nature du combustible, mais également des conditions de ventilation.

Des outils méthodologiques de détermination de ces caractéristiques sont fournis en ANNEXE D. Des foyers spécifiques différents peuvent être traités (jets enflammées, feu de nuage de gaz inflammables,...). Ils doivent alors faire l'objet d'une caractérisation spécifique et d'une détermination particulière des effets ([68], [69] et [70]).

La quantification des effets de l'incendie sur les cibles nécessite alors la réalisation de différentes évaluations :

- **Calculs de développement de l'incendie** : détermination des actions thermiques générées par l'incendie ;
- **Calculs de transfert thermique** : détermination des champs de températures à l'intérieur des matériaux soumis aux actions thermiques de l'incendie ;

⁵ Appelé communément puissance

- **Calculs thermomécaniques** : évaluation du comportement thermomécanique des éléments de structure suite à leur échauffement.

Il existe différents modèles permettant de modéliser et simuler⁶ les agressions produites par un incendie :

- **Les modèles algébriques** basés sur des modèles (Eurocodes par exemple) et corrélations (Alpert, Heskestad, etc.) simples permettent d'évaluer les effets localisés d'un feu en termes de températures de convection et de rayonnement ;
- **Les Méthodes GTDLI** issues du Groupe de Travail sur les Dépôts de Liquides Inflammables (GTDLI), proposent des modèles permettant de prédire les effets des principaux phénomènes industriels accidentels (UVCE, jet enflammé, Boil-over,...) [68], [69] et [70] ;
- **Les modèles de rayonnement** permettent de déterminer sur une surface cible, l'éclairement (densité de flux thermique reçu en W/m^2) induit par un incendie. Le principe de modélisation considère que le flux incident est fonction du rayonnement émis à la surface de la flamme (émittance), du facteur de vue entre la cible et la géométrie de la flamme et de la transmission atmosphérique (transmittivité) ;
- **Les modèles de zones**, sur la base d'une hypothèse de stratification parfaite, permettent de déterminer la propagation des fumées et des gaz chauds dans des compartiments en feu en termes de température de couche chaude et de température de couche froide⁷. Ces modèles prennent en compte les principaux paramètres ayant une incidence sur le feu : volume du compartiment en feu, foyer, ouvertures, ventilation,... ;
- **Les modèles de champs**, ayant les capacités de considérer les géométries complexes et d'intégrer différents modèles physiques, permettent la modélisation tridimensionnelle des volumes en présence et prennent en compte les conditions d'échanges thermiques au niveau des parois, les conditions d'évacuation des gaz chauds et l'admission d'air frais. Les codes de dynamiques des fluides résolvent les équations Navier-Stokes en employant des modèles pour la description de la combustion, de la turbulence et du transfert radiatif dans les gaz, et en discrétisant le domaine de calcul en volumes élémentaires. Ils permettent ainsi de prédire en tous points les températures, flux thermiques et concentration en espèces.

Pour le calcul du transfert thermique dans les matériaux, on emploie généralement des codes de calcul⁸ permettant une résolution par méthode des éléments finis de la loi de Fourier pour le transfert thermique, en tenant compte des caractéristiques du solide (conductivité, chaleur spécifique, masse volumique) et des conditions aux limites définissant le type d'échange entre le solide et son environnement.

Les lois de la mécanique des milieux continus appliquées à un solide peuvent être modélisées au moyen de lois de comportement thermoélastique des matériaux. Les logiciels de calcul thermomécanique employant la méthode des éléments finis permettent d'approximer la solution du problème mécanique et sont utilisés afin de simuler le comportement mécanique à hautes températures de structures (tout type de matériau) soumises à une agression thermique. Ces logiciels intègrent la réduction des propriétés mécaniques du matériau en fonction de la température. Pour l'acier, les bétons et le bois, elles sont définies dans les parties « feu » des Eurocodes. Dans certains cas, le modèle de résolution des logiciels inclut les non-linéarités géométriques (grands déplacements, effet du second ordre) et détectent également les phénomènes d'instabilité.

⁶ La modélisation d'un phénomène consiste en la description des processus par une mise en équation (modèle), en vue de le comprendre. La simulation numérique consiste en la mise en œuvre d'outils numériques traduisant les modèles sous forme mathématique en vue de prédire le phénomène (code de calcul).

⁷ Les modèles à une seule zone, ne fournissent qu'une température homogène dans le compartiment

⁸ On notera qu'il existe des méthodes simplifiées de calcul d'échauffement pour l'acier fournies dans les Eurocodes [39]

3. REDUCTION DES RISQUES LIES A L'INCENDIE

Il s'agit de définir les moyens de prévention et de protection nécessaires pour maîtriser les risques liés à l'incendie. Le traitement des risques peut être effectué par réduction à la source (action sur les causes), ou alors par limitation des effets (actions sur les conséquences) d'un éventuel sinistre.

3.1 BARRIERES DE SECURITE

Indépendamment du caractère passif ou actif d'une disposition de maîtrise des risques d'incendie, une barrière de défense est sélectionnée et mise en place en fonction d'objectifs de sécurité à garantir pour une installation donnée.

Pour rappel, les objectifs de sécurité sont déclinés sur la base du Règlement des Produits de Construction⁹ qui précise que « *quel que soit l'État membre où il est construit, un ouvrage de construction doit être conçu et réalisé de manière à ne pas compromettre la sécurité des personnes, des animaux domestiques et des biens, et à ne pas nuire à l'environnement.* »

Sur la base du positionnement de la barrière dans l'enchaînement d'actions susceptibles de conduire à une atteinte des objectifs de sécurité, il est possible d'identifier 3 niveaux de défense que l'exploitant doit prendre en compte pour justifier de la robustesse de son installation, vis-à-vis des risques d'incendie :

- Les **barrières de prévention** des départs de feu : il s'agit de l'ensemble des mesures qui permet de prévenir l'apparition de phénomènes dangereux liés à l'incendie. Les barrières de prévention s'appliquent à tous les scénarios de départ de feu et visent à limiter à un niveau aussi bas qu'il est techniquement et économiquement possible le risque d'avoir un incendie dont l'intensité serait suffisant pour porter atteinte aux cibles, compte tenu de leurs critères de vulnérabilité ;
- Les **barrières de protection** des cibles : il s'agit de l'ensemble des mesures qui permettent de ne pas dépasser les critères de vulnérabilités des cibles par l'interposition de mesures entre les phénomènes dangereux (les effets de l'incendie) et les cibles ;
- Les **barrières de mitigation**, sont destinées à limiter les conséquences sur les objectifs de sécurité dans l'hypothèse où les barrières de protection seraient dépassées par le sinistre incendie.

La Figure 3-1 permet d'illustrer le positionnement de chacune de ces barrières au sein des séquences accidentelles.

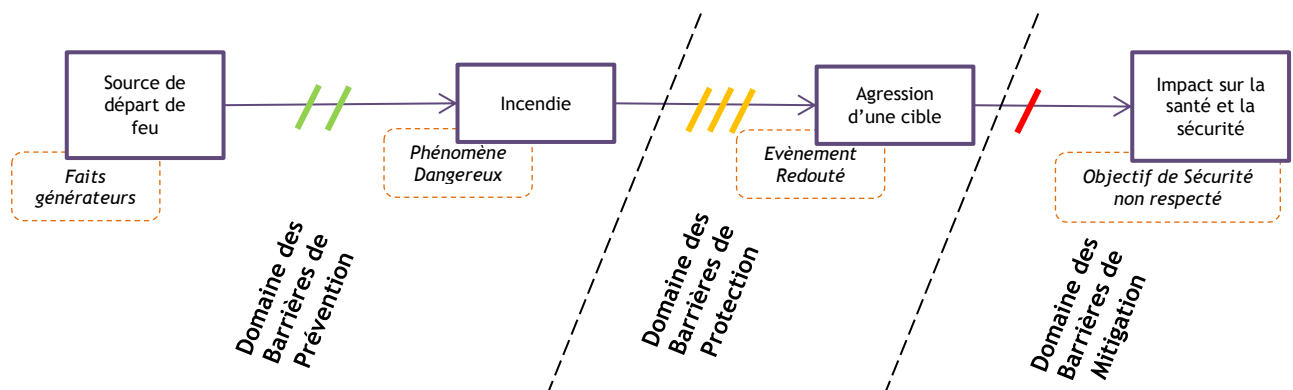


Figure 3-1 : Séquence accidentelles et positionnement des barrières de sécurité (BS)

On indique Tableau 3-1 les barrières de sécurité envisageables dans le cadre de transport par câble aérien en milieu urbain.

⁹ RPC : Règlement n° 305/2011 adopté par le Parlement et le Conseil européen en mars 2011.

Remarque : aucune barrière de mitigation n'est indiquée. Elles n'interviennent qu'en dernier recours pour maîtriser un phénomène qui est déjà par nature non acceptable (réalisation d'un événement redouté). Une barrière de mitigation ne peut, par nature, que limiter les conséquences, sans les supprimer totalement. Une barrière de mitigation serait par exemple la mise en œuvre d'un plan de secours. Cette disposition est mise en œuvre par, et sous la responsabilité des pouvoirs publics.

Barrières		Typologie		Nature	
N°	Descriptions	Prévention	Protection	Techniques (BTS)	Humaines (BHS)
PrevP00	Eloignement	X	X		
PrevP01	Limitation de la quantité de combustible	X		X ^a	
PrevP02	Sélection des matériaux	X		X ^a	
PrevA01	Conformité des installations électriques	X		X ^p	
PrevA02	Thermographie infrarouge	X		X ^p	
PrevA03	Installations de protection contre les effets de la foudre	X		X ^p	
PrevA04	Systèmes instrumentés de sécurité	X		X ^p	
PrevH01	Contrôles et essais périodiques	X			X
PrevH02	Travaux par points chauds	X			X
PrevH03	Surveillance	X			X
PrevH04	Formation et sensibilisation et Exercices	X			X
PrevH05	1ère intervention contre l'incendie	X			X
ProP01	Éléments séparatifs coupe-feu		X	X ^{a/p}	
ProP02	Écrans thermiques		X	X ^p	
ProP03	Protections au feu rapportées		X	X ^p	
ProD01	Détection automatique incendie		X	X ^a	
ProD02	Vidéo-détection		X	X ^a	
ProD03	Vidéosurveillance		X	X ^a	
ProD04	Rondes - détection visuelle		X	X ^a	
ProA01	Obturation des éléments séparatifs coupe-feu		X	X ^p	
ProA02	Systèmes d'extinction fixes automatiques		X	X ^p	
ProM01	Évacuation des passagers de la ligne sous « marche incendie »		X	X ^p	
ProM02	Évacuation des passagers de la ligne sous « marche normale »		X	X ^p	
ProH01	Consignes d'exploitation pour la protection en cas d'incendie		X		X
ProH02	Consignes d'action en situation d'incendie		X		X

(X^a : barrière technique active ; X^p : barrière technique passive)

Tableau 3-1 : Barrières de sécurité possibles en fonction de leur typologie et de leur nature

3.2 FONCTIONNALITE

Les différentes barrières de sécurité indiquées précédemment pour la maîtrise des risques d'incendie sur les installations de téléphériques en milieu urbain, peuvent être regroupées par fonction, en lien avec leur mode d'action.

Le logigramme ci-dessous permet de se représenter le positionnement des différents types de barrières de sécurité qui définissent la stratégie de maîtrise du risque d'incendie.

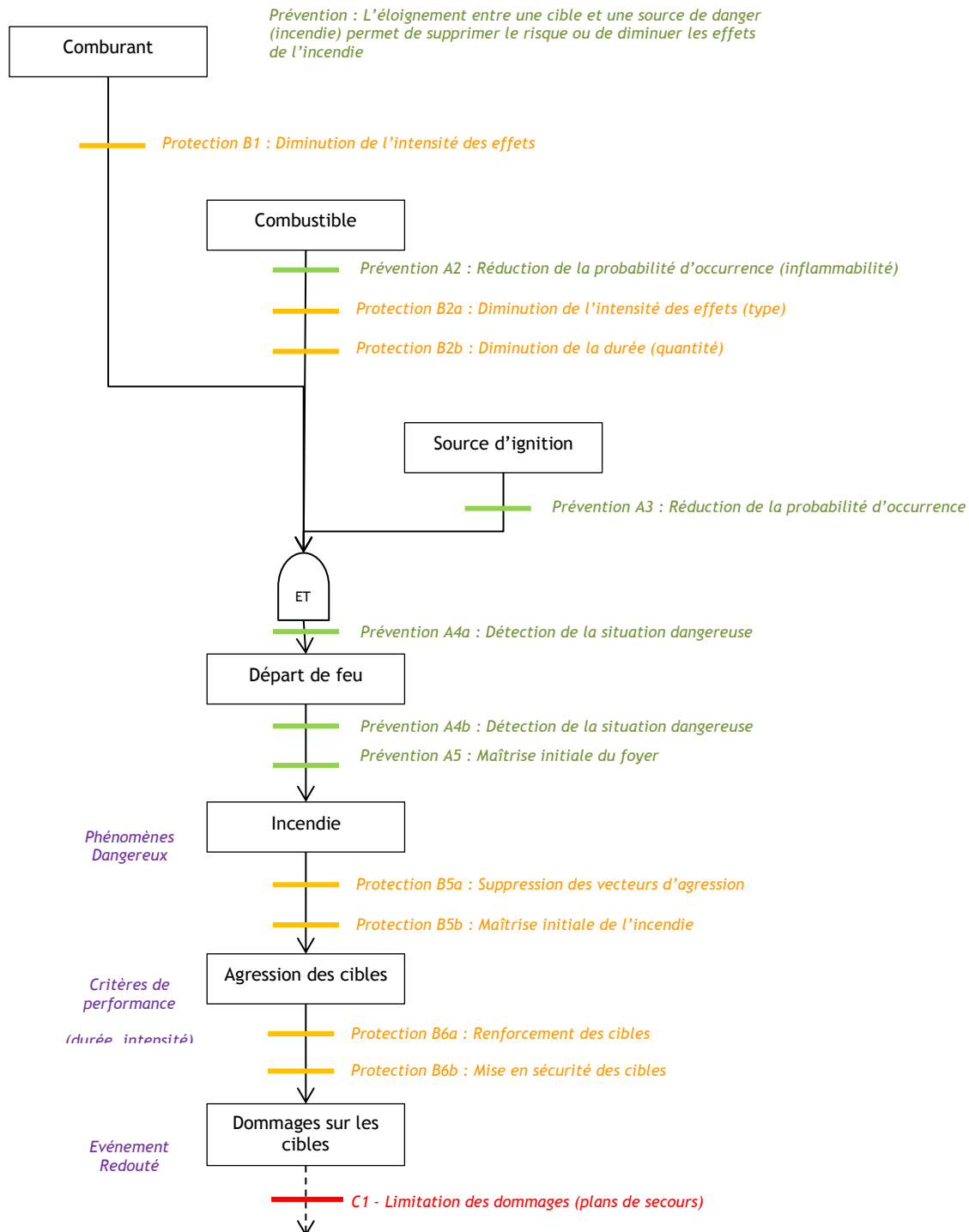


Figure 3-2 : Schéma synoptique fonctionnel des barrières de sécurité

Pour mémoire on définit les barrières de sécurité :

- De **prévention**, lorsqu'elles produisent un effet avant la survenue des phénomènes dangereux (l'incendie) ;
- De **protection**, lorsqu'elles ont pour vocation à protéger les cibles de dommages une fois l'incendie déclaré.

Sur la base d'une approche simplifiée, on réalise une évaluation qualitative du niveau de robustesse théorique des barrières de protection :

- **Robustesse élevée** pour les barrières qui permettent de jouer leur rôle dans les conditions d'utilisation prévues (i.e. fiable, résistant aux effets de l'incendie...) en assurant la protection de la cible.
- **Robustesse modérée** pour les barrières dont la performance ne permet pas à elle seule de justifier de l'objectif recherché ou qui présente une fiabilité limitée dans certaines situations. Ces barrières sont à minima redondées pour pouvoir justifier de l'atteinte de l'objectif.
- **Robustesse faible** pour les barrières dont l'efficacité ne peut être garantie. Ces barrières sont utilisées dans le cadre d'une stratégie de renforcement globale du niveau de sécurité de l'installation mais ne permettent pas de justifier de l'atteinte de l'objectif.
- **Sans Objet** pour les barrières de prévention dont la défaillance est postulée dans le cadre des études de maîtrise des risques d'incendie. L'évaluation de leur robustesse permet d'estimer la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux dans le cadre d'analyses détaillées.

L'objectif de l'analyse des risques d'incendie est de garantir, avec un niveau de confiance suffisant, la non dégradation des cibles pendant la durée nécessaire à l'atteinte des objectifs de sûreté (mise et maintien de l'installation à l'état sûr).

Afin de déterminer les choix de barrières on examinera au regard de l'objectifs de sécurité et de l'évènement redoutés, le mode d'action souhaité de la barrière de sécurité

Le tableau suivant, en lien avec le synoptique de la Figure 3-2, permet de synthétiser les différentes barrières étudiées en fonction de leur mode d'action.

BARRIÈRES DE SÉCURITÉ					MODES D'ACTION				
N°	Barrière	Nature	Fonctions	Robustesse	Sur l'Incendie			Sur les Cibles	
					Probabilité d'occurrence	Détection de situations dangereuses	Intensité des phénomènes dangereux	Réduction de la Vulnérabilité (exposition)	Amélioration de la Résistance (performance)
PrevP00	Eloignement	BTS Passive	/	Modérée à Elevée			++	++	
PrevP01	Limitation de la charge calorifique	BTS Passive	A2 B2a B2b	Sans Objet			++	+	
PrevP02	Sélection de matériaux moins inflammables	BTS Passive	A2	Sans Objet	++		+		
PrevA01	Conformité électrique	BTS Active	A3	Sans Objet	++				
PrevA02	Thermographie IR des installations électriques	BTS Active	A3	Sans Objet	++				
PrevA03	Protection foudre	BTS Active	A3	Sans Objet	++				
PrevA04	Protection contre surchauffes	BTS Active	A3	Sans Objet	++				
PrevH01	Contrôles et Essais Périodiques (CEP)	BHS	A3 A4a	Sans Objet	++	++			
PrevH02	Maîtrise des travaux par point chaud	BHS	A3	Sans Objet	++	+			
PrevH03	Surveillance humaine des installations	BHS	A4a A4b	Sans Objet		++			
PrevH04	Formation / Sensibilisation	BHS	A4a A4b A5	Sans Objet	+	++	+		
PrevH05	Moyens de 1 ^{ère} intervention	BHS	A5	Sans Objet			++		
ProP01	Parois coupe-feu	BTS Passive	B5a	Elevée				++	
ProP02	Ecrans thermiques	BTS Passive	B5a	Elevée				++	
ProP03	Protection au feu des cibles	BTS Passive	B6a	Elevée					++
ProD01	Détection Automatique Incendie	BTS Active	A4b	Elevée		++			
ProD02	Vidéo-Détection	BTS Active	A4b	Faible à Modérée		++			
ProD03	Vidéo-surveillance	BTS Active	A4b (A4a)	Faible	+	++			

BARRIÈRES DE SÉCURITÉ					MODES D'ACTION				
N°	Barrière	Nature	Fonctions	Robustesse	Sur l'Incendie			Sur les Cibles	
					Probabilité d'occurrence	Détection de situations dangereuses	Intensité des phénomènes dangereux	Réduction de la Vulnérabilité (exposition)	Amélioration de la Résistance (performance)
ProD04	Détection visuelle	BHS	A4b (A4a)	Faible à Modérée	+	++			
ProA01	Dispositifs d'obturation coupe-feu (clapets, vannes, portes...)	BTS Active	B5a	Modérée				++	
ProA02	Extinction Automatique	BTS Active	B1 B2a-b B5b C1	Modérée		++	++	+	
ProM01	Evacuation sous mode de « Marche Incendie »	BAMS	B6b	Modérée à Faible				++	
ProM02	Evacuation sous mode de « Marche Normale »	BAMS	B6b	Modérée à Faible				++	
ProH01	Consignes d'exploitation pour la protection incendie	BHS	B2a B2b B5a	Modérée à Faible			++	++	
ProH02	Consignes d'intervention en situation d'incendie	BHS	B5b B6b C1	Modérée à Faible			++	++	

Tableau 3-2 : Synthèse des barrières de sécurité

4. CONCLUSION/SYNTHESE

L'étude de maîtrise des risques d'incendie d'un projet ou d'une installation de téléphérique aérien par câble, implanté en milieu urbain, trouve sa justification dans la concomitance d'enjeux forts (la sécurité des personnes) et de potentiels de départ de feu nombreux et variés.

S'agissant d'une configuration encore peu répandue, il devient nécessaire d'évaluer de façon systématique et exhaustive les risques d'incendie vis-à-vis de ces installations afin de les comprendre et de garantir un niveau de sécurité techniquement et économiquement acceptable.

Ce document propose alors des clés méthodologiques pour l'analyse et la réduction des risques liés à l'incendie qui s'inscrit comme une approche performantielle, c'est-à-dire la vérification de l'atteinte d'objectifs de sécurité au regard de dispositions techniques et organisationnelles particulières, déclinés en exigences fonctionnelles. Cette approche vient en complément d'une approche descriptive qui consiste en la vérification de la conformité réglementaire de l'installation.

Il s'agit donc avant tout d'identifier les risques d'incendie, de les décrire suivant une logique d'enchaînement (de scénarios accidentels) et de les caractériser. Si nécessaire, le recours aux outils et méthodes de quantification des effets de l'incendie et/ou, de probabilités d'occurrence, permettront de préciser ces risques et les agressions qu'ils produisent.

Sur la base de cette connaissance approfondie des scénarios d'accident, l'étude s'attache à mettre en place une stratégie de maîtrise de ces risques, au moyen de barrières de défense suffisamment fiables et diversifiées pour garantir le niveau de sécurité recherché.

La démarche proposée dans ce guide s'appuie fortement sur les travaux du Projet National en Ingénierie de la Sécurité Incendie (PNISI) [43] dont la consultation permettra de compléter l'information du lecteur quant à l'esprit de la méthodologie à mettre en œuvre.

5. DOCUMENTS DE REFERENCE

5.1 REFERENCES REGLEMENTAIRES ET NORMATIVES

- [1] Arrêté du 7 août 2009 modifié par l'arrêté du 20 mai 2010, relatif à la conception, à la réalisation, à la modification, à l'exploitation et à la maintenance des téléphériques ;
- [2] Guide RM1 relatif à l'exploitation et la maintenance des téléphériques ;
- [3] Guide RM2, relatif à la conception générale et la modification des téléphériques ;
- [4] Compte-rendu de clarification des prescriptions relatives au risque incendie des téléphériques et funiculaires du 8 juin 2012 référencé 2013/015/DTC/GR ;
- [5] Directive 2000/9/CE du 20 mars 2000 relative aux installations à câbles transportant des personnes ;
- [6] Guide d'application de la Directive 2000/9/CE du 20 mars 2000 relative aux installations à câbles transportant des personnes ;
- [7] Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages ;
- [8] Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement ;
- [9] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [10] Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation ;
- [11] Code de la Construction et de l'Habitation ;
- [12] Arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grandes hauteurs et leur protection contre les risques d'incendie et de panique (JO du 18 janvier 2012) ;
- [13] Code du Travail, Livre II ;
- [14] Arrêté du 5 août 1992 pris pour l'application des articles R. 235-4-8 et R. 235-4-15 du code du travail et fixant des dispositions pour la prévention des incendies et le désenfumage de certains lieux de travail ;
- [15] Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP, arrêtés du 25 juin 1980 modifié et du 22 juin 1990 modifié ;
- [16] Code de l'Environnement, Livre V : Prévention des pollutions, des risques et des nuisances ;
- [17] Directive 2012/18/UE du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiant puis abrogeant la directive 96/82/CE du Conseil ;
- [18] Circulaire du 28 décembre 2006 mettant à disposition le guide d'élaboration et de lecture des études de dangers pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes et des fiches d'application des textes réglementaires récents ;
- [19] Circulaire n° DPPR/SEI2/MM-05-0316 du 07/10/05 relative aux Installations classées - Diffusion de l'arrêté ministériel relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [20] Circulaire du 29 septembre 2005 relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits SEVESO visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié ;
- [21] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation ;
- [22] Arrêté ministériel du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement ;
- [23] Circulaire du 2 octobre 2003 relative aux mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées et Note du MEDD du 15 octobre 2003 au sujet de la circulaire du 2 octobre 2003 ;

- [24] Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 (JO du 31 juillet 2003) relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (en particulier article L.512-1 CE relatif aux études des dangers : article 4 de la loi) ;
- [25] Circulaire du 10 mai 2000 (JO du 30 août 2000) relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (application de la directive Seveso II) ;
- [26] Arrêté du 10 mai 2000 modifié (JO du 20 juin 2000, modifié par l'arrêté du 29 septembre 2005) relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- [27] Arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD ») ;
- [28] Arrêté du 4 août 2006 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques ;
- [29] Arrêté du 13 juillet 2000 portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations ;
- [30] L'Arrêté du 15 juin 2012 fixant la liste des ouvrages d'infrastructures routières, ferroviaires, portuaires ou de navigation intérieure et des installations multimodales soumis aux dispositions de la partie réglementaire du code de l'environnement portant application de l'article L. 551-2 du code de l'environnement ;
- [31] Courrier du Préfet de la Seine Saint Denis en date du 22 avril 2013 à Monsieur le maire de la ville de Blanc-Mesnil concernant la gare de triage de Drancy - Le Bourget ;
- [32] Norme NF EN 13796-1 : Prescription de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes - Véhicules partie 1 - septembre 2005 ;
- [33] Norme NF EN 13107 : Prescription de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes - Ouvrages de génie civil - décembre 2004 ;
- [34] Norme NF EN 12929-1 : Prescription de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes - Dispositions générales - Partie 1 - Décembre 2004 ;
- [35] NF EN 1990 (mars 2003) + annexe nationale: « Eurocode structuraux- Base de calcul des structures
- [36] NF EN 1991 Partie 1-2 : « Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions sur les structures exposées au feu » ;
- [37] Eurocode 2 Partie 1-2 « Calcul du comportement au feu des structures en béton » (EN 1992-1-2 + Annexe Nationale)
- [38] NF-EN-1999-1-2 : « Calcul des structures en aluminium ; partie 1-2 « Règles générales - calcul du comportement au feu »
- [39] NF EN 1993 - 1.2 + annexe nationale : « Eurocode 3 : Calcul de structures en acier - Partie 1.2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu » ;
- [40] Norme NF ISO 13571 : Composants dangereux du feu - Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises - novembre 2012 ;

5.2 REFERENCES TECHNIQUES

- [41] Recommandation FD CEN/TR 14819-1 : Recommandation de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes - Prévention et lutte contre l'incendie - Partie 1 : Funiculaires en tunnel - novembre 2004 ;
- [42] Recommandation FD CEN/TR 14819-2 : Recommandation de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes - Prévention et lutte contre l'incendie - Partie 2 : Autres funiculaires et autres installations ;
- [43] Projet National en Ingénierie de la Sécurité Incendie (PNISI): Guide d'application de la méthodologie. Juin 2012. (<http://www.pnisi.fr/>)
- [44] Fire Safety Engineering, Requirements Governing Algebraic Formulas: Fire Plumes. ISO TC 92/SC 4. July 2004 ;
- [45] Fire Safety Engineering, Requirements Governing Algebraic Formulas: Ceiling Jet Flows. ISO TC 92/SC 4/WG9 N19 Rev6. July 2004 ;
- [46] Hors-série Accidents ferroviaires - Le sapeur-pompier magazine. Septembre 2003 ;
- [47] Fire Protection Handbook - Section3/Chapter 1 - G. E. Hartzell - Combustion products and their effects on life safety ;

- [48] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd Edition, 2002 ;
- [49] Guide PPRT : Complément technique - Effet thermique - Réduction de la vulnérabilité. EFECTIS France Réf. E-ING-07/564b-GA/AR - Juillet 2008 ;
- [50] Analyse des Risques et Prévention des Accidents Majeurs (INERIS, rapport DRA-034 - Décembre 2004) ;
- [51] Evaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (INERIS - rapport DRA-73 - Septembre 2008) ;
- [52] Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (INERIS, rapport DRA-09-103041-06026B - Septembre 2009) ;
- [53] Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (INERIS, rapport DRA-077 - Septembre 2009) ;
- [54] Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 ;
- [55] EPRI/NRC-RES Fire Methodology for Nuclear Power Facilities (Volume 2) - September 2005 (NUREG/CR-6850 / EPRI 1011989) ;
- [56] The contribution of asphalt road surfaces to fire risk in tunnel fires : Preliminary findings R.O. CARVEL & J.L. TORERO - Proc. Int. Conf. Risk and Fire Engineering for Tunnels - 19-20 April 2006 ;
- [57] Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers - fascicule 4 - Les études spécifiques de danger - CETU - septembre 2003 ;
- [58] Un risque urbain permanent : l'incendie - Annales de Géographie. 1988, t. 97, n° 539. pp. 84-95 ;
- [59] Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques (SDACR - 2005) du département du Rhône ;
- [60] Les cahiers de la sécurité industrielle - Risque incendie - Evaluation du juste besoin en matière de maîtrise du risque incendie (ICSI 2009-01) ;
- [61] Evaluation des barrières humaines de sécurité : vers une méthodologie conciliant mieux les approches techniques et humaines, Manuscrit auteur, publié dans "Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Lambda-Mu 16, Avignon : France (2008) ;
- [62] ED 990 - Incendie et lieu de travail - Prévention et lutte contre le feu (INRS - décembre 2007) ;
- [63] Traité pratique de sécurité incendie 12ème édition ;
- [64] BADORIS - Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité, Mur coupe-feu, rapport INERIS DRA-09-103202-10009A de juillet 2010 ;
- [65] Les cahiers de la sécurité industrielle - L'analyse de risque - Fréquence des événements initiateurs d'accident - ICSI 2009-09 ;
- [66] Feux de nappes - Omega 2 - Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006). Ineris, Octobre 2002
- [67] Le Blève - Omega 5 - Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006). Ineris, Septembre 2002
- [68] Feu torche - Omega 8 - Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-35). Ineris, Juin 2003
- [69] Boil Over - Omega 13 - Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-35). Ineris, Mars 2003
- [70] Guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre - Juillet 1999 - INERIS DRA - YMo/YMo - 1999 - 20433 ;

5.3 DOCUMENTS SUPPORT

- [71] Analyse des dispositions aptes à prévenir les risques liés à l'incendie dans les remontées mécaniques. Phase 1 : Identification et analyse des risques d'incendie. Rapport EFECTIS France Réf. E-ING-MO-14/056b-SC/MD(088), Mai 2014 ;
- [72] Analyse des dispositions aptes à prévenir les risques liés à l'incendie dans les remontées mécaniques. Phase 2 : Identification des outils de caractérisation des phénomènes dangereux. Rapport EFECTIS France Réf. 14-000347-SC, Juin 2014.

- [73] Analyse des dispositions aptes à prévenir les risques liés à l'incendie dans les remontées mécaniques. Phase 4 : Inventaire des solutions. Rapport EFFECTIS France Réf. 14-000295-MDA, Août 2014.

ANNEXE A ÉVÉNEMENTS REDOUTES RETENUS COMME SENSIBLES

Les tableaux ci-dessous synthétisent, pour chaque Objectifs de Sécurité, les Événements Redoutés associés à une Exigence Fonctionnelle.

Modes de fonctionnement	Exigence Fonctionnelle associée	Localisation du terme source incendie	Évènements Redoutés
Situation de transport de personne	EF 1.1 : Assurer les conditions de tenabilité en cabine jusqu'à l'évacuation des occupants	Feu dans l'environnement proche de la ligne	ER 1.1.1 : Dépassement de la température maximale admissible dans la cabine (instantanée)
			ER 1.1.2 : Dépassement du flux thermique maximal admissible pour les occupants
			ER 1.1.3 : Dépassement de la dose thermique maximale admissible pour les occupants
			ER 1.1.4 : Dépassement de la dose toxique maximale admissible pour les occupants
			ER 1.1.5 : Perte d'intégrité structurelle des sous-systèmes porteurs entraînant la chute de la cabine
			ER 1.1.6 : Propagation du sinistre incendie à la cabine
Situation de transport de personne	EF 1.2 : Assurer les conditions de tenabilité au niveau de la plateforme de débarquement pour permettre l'évacuation des occupants	Feu dans l'environnement proche de la station ou de la gare	ER 1.2.1 : Dépassement du flux thermique maximal admissible pour les occupants au niveau de la zone de débarquement
			ER 1.2.2 : Dépassement des conditions maximales d'enfumage au niveau de la plateforme de débarquement pour permettre l'évacuation des occupants

Tableau A-1 : Liste des événements Redoutés au regard de l'OS1 Protection des Occupants

Modes de fonctionnement	Exigence Fonctionnelle associée	Localisation du terme source incendie	Évènements Redoutés
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne	EF 2.1 : Assurer les conditions de tenabilité satisfaisantes au niveau des bâtiments voisins pendant toute la durée du sinistre	Feu sur les équipements de la ligne	ER 2.1.1 : Dépassement du flux thermique maximal admissible dans les bâtiments tiers
			ER 2.1.2 : Dépassement de la dose thermique maximale admissible dans les bâtiments tiers
			ER 2.1.3 : Dépassement de la dose toxique maximale admissible dans les bâtiments tiers
			ER 2.1.4 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne sur les bâtiments tiers
			ER 2.1.5 : Propagation du sinistre incendie aux bâtiments tiers et stabilité au feu
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne Arrêt de l'exploitation		Feu dans l'environnement proche de la ligne	ER 2.1.6 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne sur les bâtiments tiers consécutivement à un incendie dans l'environnement de la ligne
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne	EF 2.2 : Assurer les conditions de tenabilité satisfaisantes pendant une durée fonction des conditions de mobilité des tiers dans une zone voisine à l'air libre (dont voies de circulation)	Feu sur les équipements de la ligne	ER 2.2.1 : Dépassement du flux thermique maximal admissible dans l'environnement extérieur de la ligne accessible au public
			ER 2.2.2 : Dépassement de la dose thermique maximale admissible dans l'environnement extérieur de la ligne accessible au public
			ER 2.2.3 : Dépassement des conditions maximales d'enfumage dans l'environnement extérieur de la ligne pour permettre l'évacuation de la zone accessible au public
			ER 2.2.4 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne dans l'environnement extérieur de la ligne accessible au public
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne Arrêt de l'exploitation		Feu dans l'environnement proche de la ligne	ER 2.2.5 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne sur les zones accessibles au public consécutivement à un incendie dans l'environnement extérieur de la ligne

Tableau A-2 : Liste des événements Redoutés au regard de l'OS2 Protection des Tiers

Modes de fonctionnement	Exigence Fonctionnelle associée	Localisation du terme source incendie	Évènements Redoutés
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne	EF 3.1 : Assurer les conditions de tenabilité satisfaisantes pour l'accès des secours dans l'environnement de la ligne	Feu sur les équipements de la ligne	ER 3.1.1 : Dépassement du flux thermique maximal admissible au niveau des circulations d'accès ER 3.1.2 : Dépassement de la dose thermique maximale au niveau des circulations d'accès ER 3.1.3 : Dépassement des conditions maximales d'enfumage (visibilité) au niveau des circulations d'accès ER 3.1.4 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne au niveau des circulations d'accès
Situation de transport de personne	EF 3.2 : Assurer les conditions de tenabilité satisfaisantes au niveau des organes de commande pour la récupération des cabines jusqu'à la fin des opérations de sauvetage (pour le personnel d'exploitation en charge de cette opération) et la disponibilité des équipements nécessaires à cette mise en sécurité	Feu dans l'environnement proche de la ligne	ER 3.2.1 : Dépassement du flux thermique maximal admissible au niveau des organes de mise en sécurité et de récupération de l'installation ER 3.2.2 : Dépassement de la dose thermique maximale au niveau des organes de mise en sécurité et de récupération de l'installation ER 3.2.3 : Dépassement des conditions maximales d'enfumage au niveau des organes de mise en sécurité et de récupération de l'installation ER 3.2.4 : Défaillance des organes de mise en sécurité et de récupération de l'installation par les effets de l'incendie
Situation de transport de personne Situation de transport de charges Situations de maintenance sur la ligne	EF 3.3 : Assurer l'absence de variation brutale des conditions de tenabilité durant la lutte contre l'incendie	Feu sur les équipements de la ligne	ER 3.3.1 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne dans l'environnement extérieur de la ligne accessible
Situation de transport de personne Situation de transport de		Feu dans l'environnement proche de la ligne	ER 3.3.2 : Chute d'éléments constitutifs de la ligne consécutivement à un incendie dans l'environnement extérieur de la ligne

Modes de fonctionnement	Exigence Fonctionnelle associée	Localisation du terme source incendie	Évènements Redoutés
charges Situations de maintenance sur la ligne Arrêt de l'exploitation		Feu sur les équipements de la ligne	ER 3.3.3 : Perte de stabilité de la zone d'évolution des secours

Tableau A-3 : Liste des évènements Redoutés au regard de l'OS3 Protection des services de secours

ANNEXE B CRITERES DE PERFORMANCE

Les critères de performance présentés ci-après sont des valeurs guides pouvant être réévaluées et/ou adaptées et devant être systématiquement vérifiées et justifiées par le porteur du projet.

Cible	Critère qualitatif	Critère quantitatif enveloppe		Source / Commentaires
		Valeur	Unité	
Ci 1 : Les personnes	Température ambiante	60	°C	[49]
	Flux thermique radiatif	2,5 (intérieur) 3,0 (extérieur)	kW/m ²	[49] [21]
	Dose thermique	600	(kW/m ²) ^{4/3} .s	[49] [21]
	Dose toxique	seuil équivalent des effets irréversibles	ppm	[48]
	Visibilité	Distance nécessaire à l'évacuation (visibilité de l'issue de secours) ¹⁰	m	
Ci 2 : La cabine	Inflamabilité des matériaux constitutifs de la cabine	Température ou flux critique d'inflammation	°C kW/m ²	Fonction des matériaux ¹¹
	Résistance mécanique de la structure de la cabine	400 ¹²	°C	[39]
		250	°C	[38]»
Ci 3 : Le système de fixation de la cabine	Résistance mécanique de la suspente	400 ¹²	°C	[39])
	Résistance mécanique du chariot	400 ¹²	°C	
	Inflamabilité des matériaux constitutifs du chariot (inflamabilité)	Température ou flux critique d'inflammation	°C kW/m ²	Fonction des matériaux ¹¹
	Résistance mécanique du système d'attache entre la suspente et le chariot	400 ¹²	°C	[39]
	Inflamabilité des matériaux constitutifs du système d'attache entre la suspente et le chariot	Température ou flux critique d'inflammation	°C kW/m ²	Fonction des matériaux ¹¹
Ci 4 : Les câbles porteurs Ci 5 : Les câbles tracteurs	Inflamabilité des matériaux constitutifs du câble (notamment huile dans le câble) : température d'exposition du câble	Température ou flux critique d'inflammation 200	°C °C	Fonction des matériaux ¹¹ Connaissance actuelle sur l'inflamabilité des câbles ¹³
Ci 6 : Pylones	Résistance et intégrité mécanique des pylones	400 ¹²	°C	[39]

¹⁰ Le critère de visibilité pour le public peut être différent de celui qui pourrait être acceptable pour les secours. En tout état de cause, ce critère sera surtout à prendre en compte dans les gares (milieu confiné).

¹¹ L'hétérogénéité du comportement au feu des matériaux combustibles ne permet pas de proposer un critère unique. En première approche, on pourra toutefois retenir la valeur enveloppe et sécuritaire de 5kW/m² pour les matériaux plastiques

¹² Concernant la résistance mécanique des différents éléments : le critère pourra être modifié si il est possible de justifier d'autres critères établis en fonction des alliages utilisés ou bien en employant des modèles de calcul avancés.

¹³ Source STRMTG : « Dans un premier temps l'échauffement couplé à la tension du câble va faire fluer l'âme ; les torons vont venir au tubage. Si l'exposition s'arrête à ce niveau le phénomène conduira à la ruine du câble par casse de fils en vallée à partir de quelques milliers de cycles (possible dès 20 à 30 000 passages poulies pour un câble neuf). Ce phénomène sera visible dès 80-100°C et sera de plus en plus marqué à mesure que l'on approchera de la température de fusion de l'âme, à savoir 200°C environ. A noter également qu'à partir de 80°C la graisse va se liquéfier et qu'à partir de 200°C elle va s'enflammer. La température du câble va dès lors grandement augmenter. »

Cible	Critère qualitatif	Critère quantitatif enveloppe		Source /
Ci 7 : Organes de commande de la marche incendie	Fonctionnalité des équipements électriques : Température et flux critiques de dégradation des câbles en PVC	160	°C	[49]
	Intégrité des équipements mécaniques : Résistance mécanique des équipements	400 ¹²	°C	[39]
	Intégrité des équipements mécaniques : Inflammabilité des matériaux constitutifs des équipements	Température ou flux critique d'inflammation	°C kW/m ²	Fonction des matériaux ¹¹
Ci 8 : Les gallets des pylones	Intégrité des équipements mécaniques : Résistance mécanique des roulements	400 ¹²	°C	[39]
	Inflammabilité des matériaux constitutifs des roulements	Température ou flux critique d'inflammation	°C kW/m ²	Fonction des matériaux ¹¹

Tableau B-1 : Critères de performance

ANNEXE C SCENARIOS D'INCENDIE DE REFERENCE DES TIERS

Activité/Occupation du tiers	Scénario de référence		Commentaires
Habitation 1^{ère} & 2^{ème} familles (<8m)	HAI01	Feu de cheminée	La détection d'un feu de cheminée est majoritairement associée à la présence de flammes extérieures. La cinétique des effets est donc immédiate mais la puissance est limitée jusqu'à la propagation aux combles de l'habitation. La surface en feu est localisée en toiture.
	HAI02	Feu d'habitation	On considère un feu généralisé d'habitation qui se serait propagé à l'ensemble de la structure, y compris les combles. Un tel scénario répond à une courbe de montée en puissance et est généralement détecté avant la phase de plein développement. La surface en feu à considérer est située au niveau de la toiture et des façades extérieures.
	HAI03	Feu de garage	Afin de prendre en compte la présence de véhicules à moteur et/ou de cuve de fuel dans des bâtiments annexes à l'habitation principale, il convient d'envisager un feu de nappe d'hydrocarbure sur la surface du local. Il s'agit de scénario à développement rapide vis-à-vis des effets sur l'extérieur.
Habitation 3^{ème} et 4^{ème} familles (<28m)	HAC01	Feu d'appartement	Un feu généralisé d'appartement au dernier étage pour les effets verticaux ou en vis-à-vis de la cible pour les effets horizontaux est susceptible de survenir sans qu'il ne soit détecté avant l'apparition de flammes extérieures, par les ouvertures existantes. La cinétique des effets est donc rapide, l'ensemble des vitrages pouvant être rapidement détruit (embrasement généralisé éclair - flash-over).
	HAC02	Feu de toiture	Un départ de feu sur un équipement électrotechnique en toiture (climatiseur, machinerie d'ascenseur...) est susceptible de se propager à une couverture d'étanchéité bitumineuse ou à un champ de panneaux solaires. La présence de combustible en toiture doit impliquer d'envisager un risque d'incendie sur toute la surface concernée, suivant un développement modéré.
	HAC03	Feu de parking souterrain	un incendie généralisé de parking souterrain pour les habitations de la troisième famille est susceptible de survenir sans détection précoce. Il est alors à envisager un feu significatif avec des effets (feux / fumées) par les ouvrants et rampes d'accès.
	HAC04	Jet enflammé de gaz	Une fuite suivie d'une inflammation sur une canalisation de gaz cheminant sur l'extérieur d'un bâtiment est envisageable (travaux, foudre...) suivant une cinétique instantanée et jusqu'à la coupure à la vanne de barrage.
Immeuble de Grande Hauteur (IGH/ITGH)	IGH01	feu de compartiment	Un feu généralisé d'un compartiment (2 niveaux) au dernier étage pour les effets verticaux ou en vis-à-vis de la cible pour les effets horizontaux, impliquant la perte d'intégrité des vitrages et ouvertures existantes suivant une cinétique modérée entre la détection et la survenue des effets sur l'extérieur.
	IGH02	feu en toiture	En fonction des équipements présents en toiture et, dans l'hypothèse d'une cible localisée au-dessus, il

Activité/Occupation du tiers	Scénario de référence		Commentaires
			conviendra de prendre en compte le risque d'incendie sur un ensemble d'équipements (armoires électriques, machinerie, bache à huile...), sur la plus grande surface possible. Pour mémoire, on rappellera que l'article GH14 impose un classement BROOF(t3) de la toiture.
Établissement Recevant du Public (ERP)	ERP01	Feu conventionnel	Considérant une stabilité au feu de 30 minutes minimum, on s'intéresse ici à un scénario d'incendie généralisé à un niveau accessible au public, avec la présence de fumée et de flammes au niveau des ouvrants en façade (et en toiture le cas échéant). Le type de foyer à prendre en compte sera lié à l'activité mais vraisemblablement associé à un combustible hétérogène à dominante cellulosique. Une propagation aux locaux à risque particulier ne doit pas être prise en compte.
	ERP02	Feu généralisé en zone public	Au-delà de la limite de stabilité de l'établissement, il convient de prendre en compte un feu généralisé à la surface maximum non sectorisée, au niveau du sol (ex : cas de la ruine d'un magasin). Ce type de scénario est similaire à un feu d'entrepôt avec une quantité de combustible disponible limité.
	ERP03	Feu de risque particulier	En fonction du type d'établissement, il s'agira de prendre en compte un scénario d'incendie dans un local à risque particulier avec la présence de fumée et de flammes au niveau des ouvrants en façade (et en toiture le cas échéant). Le type de foyer à prendre en compte sera lié à l'activité mais vraisemblablement associé à un combustible hétérogène à dominante plastique ou, un feu de liquide inflammable. Une propagation aux locaux accessibles au public ne doit pas être prise en compte.
	ERP04	Feu généralisé de risque particulier	Au-delà de la limite de stabilité de l'établissement, il convient de prendre en compte un feu généralisé à la surface maximum non sectorisée, au niveau du sol (ex : cas de la ruine d'un magasin). Ce type de scénario est similaire à un feu d'entrepôt avec une quantité de combustible disponible limité.
Code du travail	BUR01	Feu d'open-space	Un feu généralisé d'un étage au dernier étage pour les effets verticaux ou en vis-à-vis de la cible pour les effets horizontaux est susceptible de survenir sans qu'il ne soit détecté avant l'apparition de flammes extérieures (hors heure ouvrée), par les ouvertures existantes. La cinétique des effets est donc rapide, l'ensemble des vitrages pouvant être rapidement détruit (embrasement généralisé éclair - flash over).
	BUR02	Feu de toiture	Un départ de feu sur un équipement électrotechnique en toiture (climatiseur, machinerie d'ascenseur...) est susceptible de se propager à une couverture d'étanchéité bitumineuse ou à un champ de panneaux solaires. La présence de combustible en toiture doit impliquer d'envisager un risque d'incendie sur toute la surface concernée, suivant un développement modéré.
	HAC03	Feu de parking souterrain	cf. Habitation (<28m)
	HAC04	Jet enflammé de gaz	cf. Habitation (<28m)
	ART01	Feu généralisé	Sur la base d'une cinétique de développement modérée, il est possible d'envisager un feu généralisé de l'établissement avec ruine de la toiture. Dans cette hypothèse, le feu sera situé au niveau du sol, sur l'ensemble de la surface. En fonction des combustibles présents, il sera possible de privilégier globalement les combustibles hétérogènes à dominante plastique.
	ART02	Feu de toiture	Dans l'hypothèse d'une toiture combustible ; on évaluera également un feu de la totalité de la surface de la

Activité/Occupation du tiers	Scénario de référence		Commentaires
			toiture suivant une cinétique rapide entre la détection et l'apparition des effets à l'extérieur.
	ART03	Feu d'aire de chargement / déchargement	Les bâtiments industriels ou artisanaux sont susceptibles de supporter des aires de chargement / déchargement avec une présence potentiellement importante de poids lourds. Dans certains cas, il peut s'agir de transports de matières dangereuses. Il convient alors de prendre en compte un feu de nappe d'hydrocarbure sur la surface de l'aire concernée.
Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE)	ICPE01	Feu d'entrepôt	Indépendamment de l'activité et des produits entreposés, les feux de la plus grande surface non sectorisée des établissements est un scénario dimensionnant des ICPE. Dans certains cas, ces scénarios peuvent être associés à la dispersion de composés à très forte toxicité (irritant, asphyxiant) liés à la décomposition et/ou recombinaison de produits chimiques mobilisés par l'incendie (ex chlore) ;
	ICPE02	Feu d'entrepôts extérieurs	Qu'il s'agisse d'entreposage de combustible cellulosique (ex palettes, paille...) ou « plastique » (ex pneus, carcasses de véhicules), les incendies de stockage en masse sont à l'origine d'incendies de puissance et de durée significative ;
	ICPE03	Feu d'hydrocarbure	Les feux d'hydrocarbure liquide, liquéfiés ou gazeux sont à l'origine de scénarios de forte puissance qui peuvent être associés à des évolutions très violentes (explosions telles que BLEVE, boilover...) ;
	ICPE04	Feu d'aire de chargement / déchargement	Les ICPE sont susceptibles de supporter des aires de chargement / déchargement avec une présence potentiellement importante de poids lourds. Dans certains cas, il peut s'agir de transports de matières dangereuses. Il convient alors de prendre en compte un feu de nappe d'hydrocarbure sur la surface de l'aire concernée
Voie routière	VP01	Feu de poids-lourds	Incendie de semi-remorque, bus ou tramway en fonction des autorisations d'accès au niveau de la voie ;
	VP02	Feu de déchets	Incendie volontaire d'un ensemble de pneumatiques et containers à déchets à la suite d'actes de malveillance ;
	VP03	Feu de liquide inflammable	Feu de nappe suite à l'accident et au déversement d'un transport de liquide inflammable et de son tracteur ;
	VP04	Jet enflammé	Rupture et inflammation d'une canalisation de gaz naturel enterrée à la suite de travaux.
	VP05	Feu de véhicules	incendie de poids lourds et de véhicules légers, impliquant un feu de nappe d'hydrocarbure suite à un carambolage ou un départ de feu important en période de bouchons ;
	VP06	Jet enflammé	Jet enflammé de canalisation de transport de gaz enterrée à la suite de travaux si concerné ;
	VP07	Jet enflammé et feu de nappe	Jet enflammé et feu de nappe de canalisation de transport d'hydrocarbure enterrée à la suite de travaux si concerné.
Parc de stationnement	PARK01	Feu de véhicules légers	incendie d'un ensemble de véhicules légers assimilable à un feu de matières plastiques de grande dimension ;
	PARK02	Feu de poids-lourds	incendie de poids lourds et de véhicules légers, impliquant un feu de nappe d'hydrocarbure de grande dimension.

Activité/Occupation du tiers	Scénario de référence		Commentaires
Voie ferrée	FER01	Feu électrique	Départ de feu sur équipement de distribution électrique (feu de transformateur) dont les caractéristiques sont assimilables à un feu concentré de forte puissance ;
	FER02	Feu de berge	Départ de feu sur les broussailles et câbles électriques en bordure de voie. Il s'agit de feux de puissance modérée assimilable à des combustibles solides cellulósiques.
Stationnement ferroviaire	FER03	Feu de motrice	Incendie généralisé d'une motrice thermique, pouvant être représentée par un feu de nappe d'hydrocarbure ;
	FER04	Jet enflammé	Feu torche sur une brèche de 20 mm d'un wagon de GPL (limite des effets significatifs de 54m pour la gare de triage de Drancy) ;
	FER05	Feu de nappe	Feu d'hydrocarbure lié à une rupture totale sur un wagon de supercarburant.
Voie fluviale	FLU01	Feu de pousseur	Un départ de feu en salle des machines provoque l'incendie généralisé d'une embarcation de taille réduite (pousseur, bateau de plaisance). Le sinistre pourrait être assimilé à un feu de combustible plastique situé à la hauteur du pont ;
	FLU02	Feu de péniche	On envisage l'inflammation généralisé d'un transport de péniche à ciel ouvert de matières combustibles à dominante cellulósique ;
	FLU03	Jet enflammé	Feu torche consécutif à une rupture ou une fuite sur une canalisation d'un transport de gaz.
Zone portuaire	POR01	Feu de remorqueur	Un départ de feu en salle des machines provoque l'incendie généralisé d'une embarcation de taille réduite (pousseur, bateau de plaisance, remorqueur) se propageant le cas échéant aux bateaux à proximité. Le sinistre pourrait être assimilé à un feu de combustible plastique situé à la hauteur du pont ;
	POR02	Feu de péniche	On envisage l'inflammation généralisé d'un transport de péniche à ciel ouvert de matières combustibles à dominante cellulósique ;
	POR03	Jet enflammé	Feu torche consécutif à une rupture ou une fuite sur une canalisation d'un transport de gaz ;
	POR04	Feu de nappe	Feu de nappe d'hydrocarbure à la suite de la rupture d'un bras de chargement / déchargement sur un navire ou une péniche d'hydrocarbure
Réseau électrique	EDF01	Feu de transformateur	Feu du diélectrique d'un transformateur dans celui-ci et en fond de bac assimilable à un feu d'hydrocarbure d'une surface équivalente à la surface en feu (au sol + surface de contact du transformateur).
Espace urbain	HERB01	Feu de végétaux	On évaluera un incendie de couverture végétale (herbe hautes) assimilable à un feu de combustible cellulósique au sol, avec une charge calorifique directement liée à la densité de végétaux.

Tableau C-1 : Identification des scénarios d'incendie de référence produit par des tiers sur la ligne en fonction de leur activité et occupation

ANNEXE D CARACTERISTIQUES DES COURBES DE DEVELOPPEMENT DE FOYER D'INCENDIE

Afin de simplifier les études, des scénarios types rencontrés couramment peuvent être établis. Les différents scénarios identifiés sont :

- **Feu de liquide à dynamique rapide** : pour les feux de liquide de type hydrocarbure, le débit calorifique est déterminé à partir d'une chaleur de combustion et d'un débit de combustion surfacique. A partir des données du SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [48], nous retiendrons les débits calorifiques, caractéristiques enveloppes suivants :
 - Feux de type diesel : 2 MW/m² (valeur exacte donnée par le SFPE pour le gasoil 1.81 MW),
 - Feux de type huile : 1 MW/m² (valeur exacte donnée par le SFPE pour l'huile 0.98 MW),
 - Feux de type solvant : valeur ajustée au cas par cas

Pour ces trois types de feux, la vitesse de croissance de feu retenue est « Très rapide ». Dans le cas de feu de nappe plutôt que de stockage, des vitesses quasi instantanées peuvent être considérées.

- **Feu de combustibles hétérogènes à dominante plastique** : pour les feux de combustible solide à dominante plastique le débit calorifique surfacique retenue est de 0.5 MW/m², la vitesse de croissance de feu pour ce type de combustible est « Rapide ». Cette valeur de débit calorifique correspond à une chaleur de combustion de 20 MJ/kg avec un débit de combustion surfacique de 0,025 kg.m².s⁻¹. Ces valeurs ont été déterminées à partir d'information données dans l'EN 1991-1-2 :2002 [36].
- **Feu de combustibles hétérogènes à dominante cellulosique** : pour les feux de combustible solide à dominante cellulosique le débit calorifique surfacique retenue est de 0.25 MW/m², la vitesse de croissance de feu pour ce type de combustible est « Moyen ». Cette valeur de débit calorifique correspond à une chaleur de combustion de 17.5 MJ/kg avec un débit de combustion surfacique de 0,014 kg.m².s⁻¹, La vitesse de croissance de feu retenue pour ce type de combustible est « Moyen ». Ces valeurs ont été déterminées à partir d'informations données dans l'EN 1991-1-2 :2002 [36].
- **Feu de matériels électronique/électromécanique** : pour ce type de feux, le débit calorifique est déterminé : à partir d'une chaleur de combustion de 20 MJ/kg et d'un débit de combustion surfacique 0,129 kg.m².s⁻¹, soit un débit calorifique surfacique de 258 KW/m². La vitesse de croissance de feu retenue pour ce type de combustible est « Lente ».

Chaque scénario de feu est caractérisé par une courbe de débit calorifique qui représente la vitesse de production des gaz de pyrolyse en fonction du temps. Elle est caractérisée dans un premier temps par une phase de croissance, puis un régime stabilisé et enfin une phase de décroissance¹⁴.

On distingue principalement 3 phases comme illustré ci-dessous :

- Phase de croissance [AB] ;
- Phase de feu pleinement développé [CD] ou [CE'''] ;
- Phase de décroissance [DE] ou [E'E'].

¹⁴ uniquement pour les combustibles solides

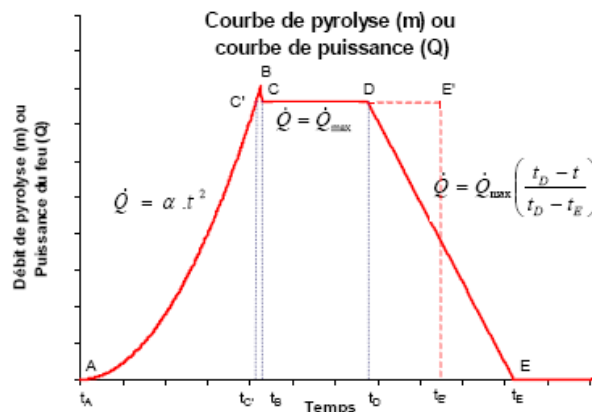


Figure D-1 : Évolution du débit calorifique en fonction du temps

Lors de la phase de croissance du feu, la puissance augmente de manière croissante jusqu'à l'atteinte du débit calorifique maximum.

Un modèle de développement quadratique peut être dans certains cas [48] retenu tel que :

$$Q = (t / \alpha)^2$$

Avec :

- Q: débit calorifique (MW);
- t : temps (seconde) ;
- α : coefficient de croissance ($s/MW^{0,5}$).

La cinétique de développement dépend alors de la nature du combustible. On distingue quatre classes principales de cinétique de feu [36] :

- Lente: $\alpha = 600 \text{ s}/MW^{0,5}$ (1 MW au bout de 10 minutes);
- Modérée ou Médium : $\alpha = 300 \text{ s}/MW^{0,5}$ (1 MW au bout de 5 minutes);
- Rapide: $\alpha = 150 \text{ s}/MW^{0,5}$ (1 MW au bout de 2 minutes 30 secondes);
- Très rapide: $\alpha = 75 \text{ s}/MW^{0,5}$ (1 MW au bout de 1 minute 15 secondes).

La durée de l'incendie est fonction de la charge calorifique présente voire du débit d'air frais en cas de feu piloté par la ventilation. Pendant cette phase, la puissance du feu reste constante jusqu'à consommation de :

- 70% de la masse combustible mobilisable pour les combustibles solides [CD] ;
- 100% de la masse combustible mobilisable pour les combustibles liquides [CE].

La valeur de 70% est communément admise dans les bâtiments pour des foyers de type cellulosique. Elle a également été observée au cours des différents essais réalisés dans des chambres d'essais du laboratoire d'EFFECTIS France et est retenue pour les feux d'équipements électriques puisqu'elle est enveloppe des valeurs mesurées au cours d'essais à grande échelle.

Si le feu est contrôlé par la ventilation, il convient de diminuer ce niveau plateau en fonction de la quantité d'oxygène disponible. Dans ce cas, la courbe de débit calorifique doit être prolongée pour correspondre à l'énergie disponible donnée par la charge calorifique¹⁵.

Pour la détermination de la charge combustible on pourra se référer aux Eurocodes qui fournissent la valeur de la charge calorifique en fonction de l'activité ou bien se référer à des données techniques et scientifiques fournissant les valeurs de chaleur de combustion (MJ/kg).

¹⁵ Si elle n'est pas prolongée, il convient de supposer qu'il y a risque de combustion externe, ce qui implique une température des gaz plus faible dans le local avec création d'imbrûlés (la stœchiométrie étant différente dans ce dernier cas).