

**Lausanne – Développement des métros automatiques m2-m3  
Grancy – Flon**




**Procédure d'approbation des plans**

**Preuve de sécurité des installations ouvertes au  
public et concept de protection incendie**

Référence du document :

	Dom.	Act.	Lieu	Aut.	Type	Inc.	Vers.	Description
M	SE00	33	0000	SYM	RN	001	01.00	PAP K13

Date du document : 24 juin 2019

		■ Auteur du document	
□		■	

DIRECTION DU PROJET		AUTEUR DU PROJET
<b>ETAT DE VAUD, DGMR</b>		<b>Groupeement SyMeo</b>
<i>Original signé par</i>	<i>Original signé par</i>	<i>Original signé par</i>
Directeur général Pierre-Yves Gruaz	Directeur de projet Yves Trottet	Chef de projet Igor Montagnier

Validation interne mandataire :

<b>Élaboré par :</b> Faris Talbi Zheng Chen David Martin Ingénieurs SyMeo  Date : 24/06/2019	<b>Vérifié par :</b> Raphael Defert Responsable sécurité Marc Emery Responsable sécurité adjoint Joseph Boua Responsable domaine EQUI  Date : 24/06/2019	<b>Approuvé par :</b> Igor Montagnier Directeur de projet     Date : 24/06/2019
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

Validation équipe de projet :

<b>Validé par répondant technique :</b> Benjamin Paquet Responsable équipements métro   Date :	<b>Validé par ensemblier :</b> Julien Bauer Chef de projet   Date :	<b>Validé par direction de projet :</b> Yves Trottet Directeur de projet   Date :
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

Versions du document

Date	Version	Elaboration / adaptation-s / modification-s	Auteur
06/05/2019	00.01	Création du document	F. Talbi
24/05/2019	00.02	Version modifiée suite aux commentaires du MO	F. Talbi
29/05/2019	00.03	Version modifiée mise à jour de l'annexe 2 niveau-1	F. Talbi
07/06/2019	00.04	Dossier consolidé avec les annexes et prise de position du MO	F. Talbi
18/06/2019	00.05	Mise à jour du référentiel	F. Talbi
20/06/2019	00.06	Mise à jour page de garde	F. Talbi
24/06/2019	01.00	Version majeure	F. Talbi

## Table des matières

1	Introduction.....	5
1.1	Contexte général.....	5
1.2	Objectifs du document.....	6
1.3	Périmètre géographique de l'opération 1.....	7
1.4	Périmètre d'étude et interfaces.....	7
1.5	Documents connexes.....	8
1.6	Documents de référence.....	8
1.7	Glossaire.....	10
2	PARTIE A : Preuve de sécurité des installations ouvertes au public.....	12
2.1	Introduction.....	12
2.1.1	Situation de départ.....	12
2.1.2	But.....	12
2.2	Bases.....	13
2.2.1	Méthode.....	13
2.2.2	Données et hypothèses de base.....	18
2.2.3	Définition des cas de charge et des situations de risque.....	21
2.2.4	Domaine de validité.....	22
2.3	Vérification.....	23
2.3.1	Fonctionnalité de la gare.....	23
2.3.2	Éléments du système.....	24
2.4	Conclusion.....	27
2.4.1	Résultat global.....	27
2.4.2	Validité des hypothèses.....	27
2.4.3	Bilan et recommandations.....	28
3	PARTIE B : Concept de protection incendie.....	29
3.1	Introduction.....	29
3.1.1	Généralités.....	29
3.1.2	Assurance qualité.....	29
3.1.3	Concept standard de protection incendie.....	30
3.1.4	Structure du concept de protection incendie.....	30

3.2	Base documentaire .....	30
3.3	Objectifs de protection.....	31
3.4	Données relatives au projet.....	31
3.4.1	Descriptif général.....	31
3.4.2	Données générales .....	31
3.4.3	Affectation des locaux et surface des locaux traités par la PAP .....	32
3.4.4	Données relatives à la protection incendie du bâtiment projeté .....	32
3.5	Descriptions des mesures de protection incendie.....	37
3.5.1	Généralités .....	37
3.5.2	Accès pour les sapeurs-pompiers.....	37
3.5.3	Défense incendie extérieure .....	37
3.5.4	Mesures constructives .....	38
3.5.5	Équipements de protection incendie (mesures techniques) .....	43
3.5.6	Installations techniques du bâtiment .....	46
3.5.7	Mesures organisationnelles .....	48
3.6	Preuve de performance du concept de désenfumage .....	51
3.6.1	Objectifs .....	51
3.6.2	Présentation du logiciel.....	51
3.6.3	Hypothèses sur le désenfumage .....	51
3.7	Modifications de projet apportées après autorisation de construire .....	62
3.8	Conclusions .....	63
4	Annexes au dossier K13.....	64



# 1 Introduction

## 1.1 Contexte général

L'augmentation de la capacité du métro m2 et le développement de la nouvelle ligne m3 sont deux aspects principaux dans le cadre de l'amélioration de l'offre de transports dans la région lausannoise. Le Canton a décidé de lancer le projet de développement des métros automatiques m2 et m3 de Lausanne.

Le projet est divisé en 6 opérations illustrées géographiquement dans la figure ci-dessous.

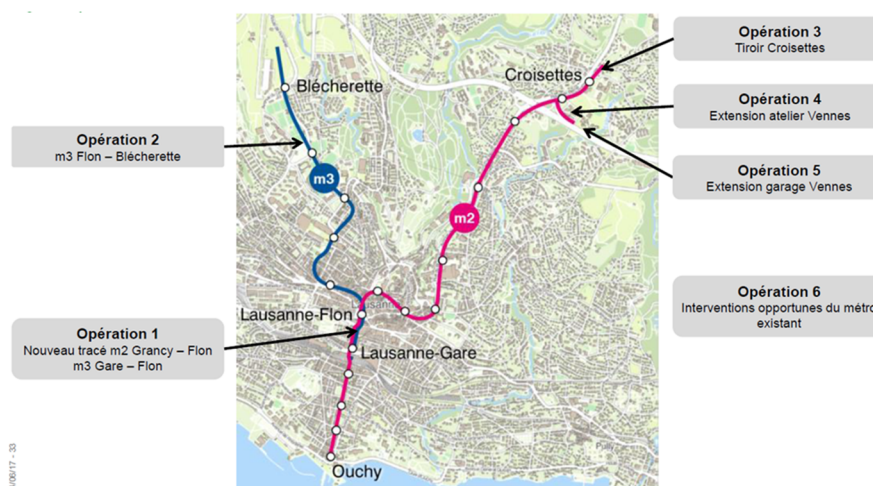


Figure 1 – Périmètre du projet m3

L'opération 1, objet de ce document, consiste :

- pour le métro m2, en la création d'un nouveau tunnel à double voie entre les stations de Grancy et Lausanne-Flon (Ouest, FLO), ainsi que d'une nouvelle station pour le m2 à CFFO.
- pour le métro m3 (1<sup>ère</sup> étape), en la création d'une nouvelle station Flon (à l'Est, FLOE) raccordée au tunnel existant au Nord de la station existante CFF au moyen d'un nouveau tunnel à double voie. Le tracé actuel, libéré du métro m2, sera utilisé pour la nouvelle ligne m3 qui utilisera aussi l'ancienne station Lausanne Gare du métro m2 (CFF). Le tracé du m3 1<sup>ère</sup> étape s'arrête quelque 200 m après la nouvelle station Flon (FLOE).

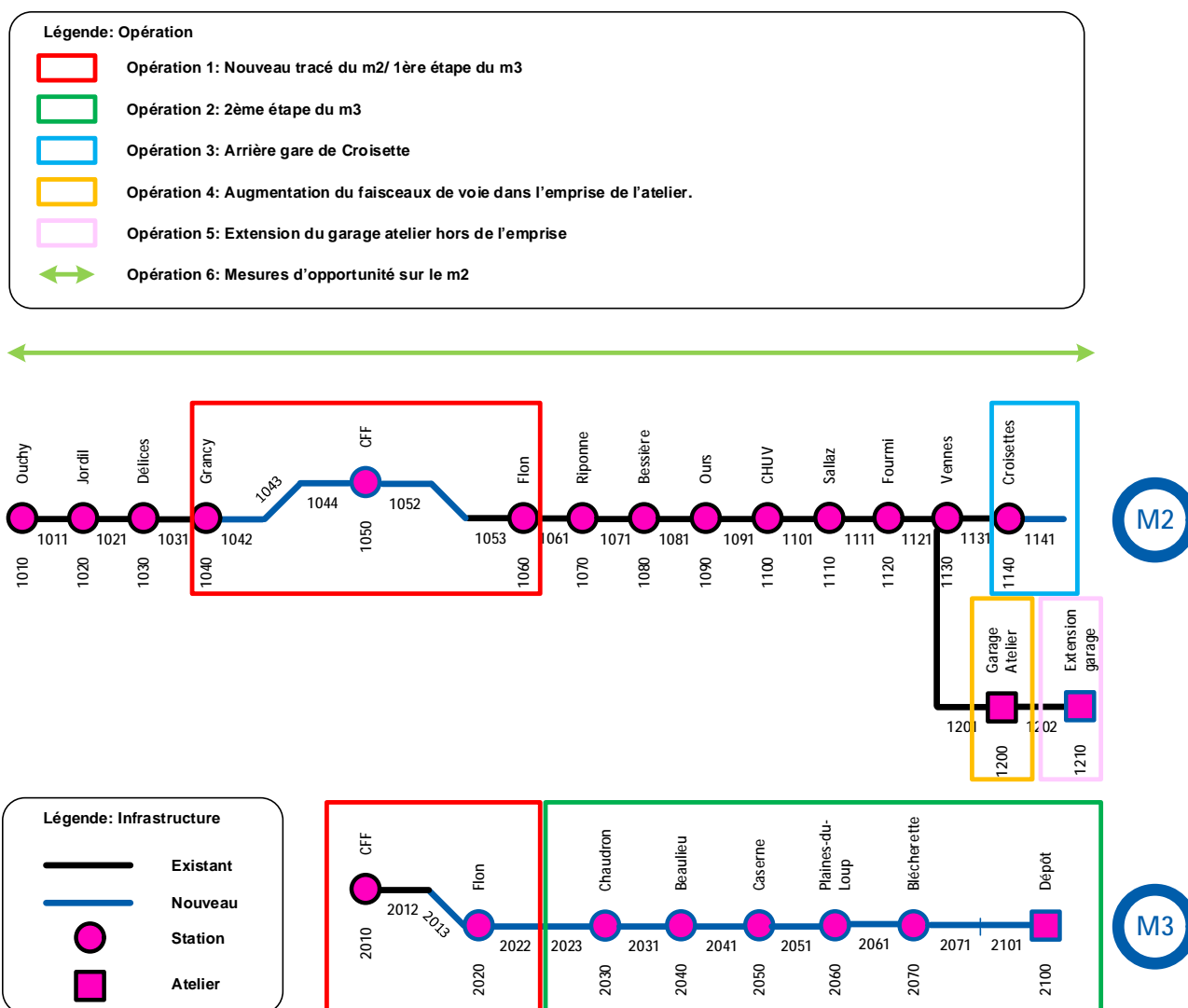


Figure 1 – Périmètre de l'Opération 1 (rectangles rouges): nouveau tracé du m2 et première étape du m3.

## 1.2 Objectifs du document

Le présent rapport constitue la pièce K13 de la PAP et se focalise sur l'opération 1 du projet m2-m3. Elle se divise en deux parties nommées A et B.

La partie A décrit les conditions du système, les conditions d'exploitation et de maintenance et fournit la démonstration de la sécurité en cas de situations de risque spéciales sur les quais. Une vérification par le calcul des espaces architecturaux y est également présentée.

La partie B comprend la définition des mesures de protection incendie qui doivent être adoptées dans la nouvelle station m3 FLON afin d'atteindre les objectifs de protection en fonction des dangers en présence. Il est décrit toutes les mesures nécessaires à la prévention.

Ces mesures comprennent la protection incendie structurelle (constructif) et technique ainsi qu'organisationnelle et les procédures d'urgence et de défense.

Une simulation incendie sur la base d'hypothèses validées par l'ECA doit également permettre d'évaluer les conditions sécuritaires en cas de situations de risques spéciales sur les quais. Elles

détermineront la nécessité ou non de la mise en place d'un système de désenfumage mécanique au sein de la station m3 Flon. Les hypothèses de base validées par l'ECA sont exposées. Les résultats des simulations seront intégrés par la suite.

### 1.3 Périmètre géographique de l'opération 1

Le périmètre géographique de l'opération 1 du projet inclut les ouvrages suivants :

Pour le m2 :

- Le nouveau tunnel du m2 entre la station existante GRA et la future station m2 CFFO.
- La nouvelle station m2 CFFO.
- Le nouveau tunnel du m2 entre la station m2 CFFO et la station existante m2 FLO.

Pour le m3 :

La station m3 CFF (dans l'emprise de la station m2 existante).

- Le L'issue de secours Grancy située dans le tube Ouest du Y au nord de la station de Grancy
- Le tunnel, partiellement nouveau, entre la station m3 CFF et la nouvelle station m3 FLOE.
- La nouvelle station m3 FLOE.
- Un nouveau tunnel d'arrière station m3 FLOE.

### 1.4 Périmètre d'étude et interfaces

Le présent concept de sécurité inclut tous les ouvrages du périmètre géographique de l'opération 1 à l'exception notable des ouvrages suivants :

- La nouvelle station m2 CFFO.
- La station m3 CFF (dans l'emprise de la station m2 existante).

Le concept de sécurité de la nouvelle station m2 CFFO, situés dans l'emprise CFF (sous-sol place de la gare de Lausanne), est développé par le projet GLS. Le concept de sécurité appliqué à la station CFF existante (futur station m3) également située dans l'emprise CFF, est celui appliqué actuellement pour le m2 existant.

Les interfaces d'études de concept de sécurité entre métro et CFF sont situées aux façades de quais de la station m2 CFFO et à la limite géographique entre l'espace SSPG et la station existante (m3 CFF). Il est ainsi considéré, pour le présent concept de sécurité, que toutes les provisions de sécurité requises sont disponibles et mises à disposition des usagers dès que ceux-ci franchissent, à CFFO les portes des façades de quais vers l'emprise SSPG et à CFF la limite géographique entre l'espace SSPG et la station m3 CFF. De même il est considéré que toutes les provisions requises à l'intervention des services de secours vers les tunnels métro sont mises à disposition par les CFF dans leurs emprises.

Les analyses des risques ferroviaires et chantier sont réalisées, selon les besoins, par ailleurs et ne font donc pas partie du présent document.

Les stations métros m2 hors du périmètre géographique de l'opération 1 ne sont pas traitées dans le présent concept de sécurité.

## 1.5 Documents connexes

Sans objet

## 1.6 Documents de référence

Les documents de référence pris en considération pour la réalisation du présent dossier sont listés ci-dessous :

1. OPAPIF
2. Plans: M-AR00-33-2020-ARC-PG-007-00, Architräm & AZC, 19.05.2019  
M-AR00-33-2020-ARC-PG-006-00, Architräm & AZC, 19.05.2019  
M-AR00-33-2020-ARC-PG-005-00, Architräm & AZC, 19.05.2019
3. PAP CFF – pièce 04.01 "Rapport de sécurité – SSPG"
4. Analyses de risques des autres mandataires
5. Avant-projet SYMEO
6. Avant-projet BGE
7. Autres pièces K "sécurité" du dossier PAP.
8. Plans d'architecte des projets SSPG et Galette
9. Directives AEAI 2015, version selon annexe 1
10. Compte-rendu séance de présentation des hypothèses des simulations, M-SE00-33-2020-SYM-PV-001.00.01, 17.04.2019
11. Atlas des vents de la Suisse: moyenne annuelle modélisée de la vitesse et de la direction du vent à 50 m du sol (Office fédéral de l'énergie), Flon, consulté le 19.03.2019  
[https://api3.geo.admin.ch/rest/services/ech/MapServer/ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit\\_h50/524\\_1434/extendedHtmlPopup?lang=fr](https://api3.geo.admin.ch/rest/services/ech/MapServer/ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit_h50/524_1434/extendedHtmlPopup?lang=fr)
12. Directive VSICC BT101-04 Installations d'extraction de fumée et de chaleur-Partie 4: Méthodes de dimensionnement des installations de désenfumage- septembre 2011
13. Commentaire de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF)
14. Guichet cartographique Cantonal, © Etat de Vaud, géodonnées © Swisstopo 5704004385
15. Etude des flux piétons – station Lausanne-Flon, Transitec, M-AR00-33-2020-TRA-RN-001-01.01, 20.12.2018
16. Règles de vérification du dimensionnement pour l'évacuation de la Société du Grand Paris, 15.01.2016
17. Règle de fluidité et de dimensionnement en exploitation de la Société du Grand Paris, 29.08.2014
18. Programme cadre de la Société du Grand Paris, 29.08.2014
19. Schéma directeur des sécurités – sécurité incendie, 15.01.2016
20. Expertise de prévisions de trafic, métros m2-m3, Transitec, mars 2017
21. Comptages TI-TC, Lausanne Région, 2014
22. Systèmes de mise en surpression, Rôles et exigences, R07-v01–Décembre 2016
23. Ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers, V1.06, Édition 2008
24. Firetun: Fires in Transport Tunnels; Eureka-Project EU 499, Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., D-40213 Düsseldorf, Allemagne, novembre 1995

- 25. M-EQ50-33-1001-BGE-RN-001-02.00, PAP Pièce K11-Concept de désenfumage, 06.05.2019
- 26. M-EQ50-21-1050-BGE-RN-002-00.01-Désenfumage - Incendie d'une rame de métro en station Lausanne-Gare Ouest - Résultats des simulations 3D, 06.05.2019
- 27. Directive UTP - Aide à la planification des installations ouvertes au public

## 1.7 Glossaire

Abréviation	Définition
AEAI	Association des Établissements cantonaux d'Assurance Incendie
AVP	Avant-projet
BEA	Beaulieu (station m3)
BES	Bessières (station m2)
BGE m2 m3	Groupement BGE M2 M3 (Mandataire EQUI)
BLE	Blécherette (station m3))
CAS	Caserne (station m3)
CHA	Chaudron (station m3)
CH	Suisse
CHU	CHUV (station m2)
CFFO	CFF station Ouest m2
CFF	CFF station Est m3
COM	Communication (domaine EQUI)
CRO	Croisettes (station m2)
CTA	Centre de Traitement des Alarmes
DEL	Délices (station m2)
DEP	Dépôt Blécherette (m3)
DE-OCF	Dispositif d'Exécution de l'Office Fédéral de Transports
DIN	Institut Allemand de Normalisation
ECA	Établissement d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels du Canton de Vaud
EQU	Équipements (domaine EQUI)
EQUI	Équipements
EN (SN)	Norme Européenne
ENE	Energie (domaine EQUI)
ERP	Établissements recevant du public
ETCS	Système Européen de Contrôle des trains
FDQ	Façade de quai (domaine EQUI)
FLO	Flon station Ouest m2
FLOE	Flon station Est m3
FOU	Fourmi (station m2)
FUM	Désenfumage (domaine EQUI)
GA	Gares accessibles au public
GAT	Garage atelier Vennes (m2 et m3)
GC	Génie Civil
GRA	Grancy (station m2)
HPM	Heure de pointe du matin
HPS	Heure de pointe du soir
JOR	Jordils (station m2)
LEB	Ligne à voie étroite Lausanne-Echallens-Bercher
MIN	Minute
M1	Métro m1
M2	Métro m2
M3	Métro m3
NFPA	National Fire Protection Association
OFT	Office Fédéral des Transports
OUC	Ouchy (station m2)
OUR	Ours (station m2)
PCC	Poste de Commande Centralisé

PDL	Plaines-du-Loup (station m3)
PTI	Point Technique d'Intervention
RIP	Riponne (station m2)
SAN	Sanitaire (domaine EQUI)
SAL	Sallaz (station m2)
SCADA	SCADA (domaine EQUI)
SIA	Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes
SO	Second œuvre (domaine EQUI)
SSPG	Sous-Sol Place de la Gare
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité
SYM	Système métro
SYMEO (ou SyMeo)	Groupeement SyMeo (Mandataire SyM)
TL	Transports publics lausannois
VD	Canton de Vaud
VEN	Vennes (station m2)
VO	Voie (domaine EQUI)
VOY	Voyageur

## 2 PARTIE A : Preuve de sécurité des installations ouvertes au public

### 2.1 Introduction

#### 2.1.1 Situation de départ

Dans le contexte du développement du réseau des métros lausannois dans les années à venir, le pôle d'échange du **Flon** jouera un rôle plus important qu'aujourd'hui puisqu'aux m1, m2 et LEB existants, viendront s'ajouter le nouveau m3 et le futur t1.

En ce qui concerne la conception de cette future interface du **Flon**,

- Pour les **situations normales** (exploitation au quotidien), Transitec a conclu que le dimensionnement retenu sur les plans (version du 30 novembre 2018) de la station Flon permet de répondre à la demande à l'horizon 2030 en assurant la fluidité durant les hyperpointes dans son rapport<sup>1</sup> « Etude des flux piétons – station Lausanne-Flon (20 décembre 2018) ».
- Pour les **situations exceptionnelles** (par exemple situations de risque spéciales sur les quais), la directive de l'OFT « Exigences relatives aux demandes d'approbation des plans » (Dir. OPAPIF) demande qu'il faut joindre la démonstration de la sécurité. Dans de tels cas, l'OFT attend une preuve de sécurité sous forme de rapport.

#### 2.1.2 But

Ce rapport a donc pour objectif de fournir le « Volet A : Preuve de sécurité des installations ouvertes au public » inclus dans la « Pièce K13 : Preuve de sécurité des installations ouvertes au public et concept de protection incendie ».

Plus concrètement, ce rapport vise à vérifier le bon fonctionnement global et les capacités des voies d'accès et d'évacuation en situation de risque spécial à l'horizon 2030, sur la base des plans d'architecture (version du 30 novembre 2018, voir les numéros de référence ci-dessous par niveau) de la station FLON.

À noter que cette preuve de sécurité est établie pour la situation finale où m3 va jusqu'à Blécherette, qui est plus déterminante par rapport à la situation préliminaire où le m3 ne circule qu'entre Gare de Lausanne et Flon.

Le périmètre d'étude comprend trois niveaux suivants :

- **Niveau N-2** (Annexe 3 - référence du plan "M-AR00-33-2020-ARC-PG-007-01.01") :
  - Quai m3 direction Blécherette
  - Quai central m2 (direction Croisettes) et m3 (direction CFF)
  - Quai m2 direction Ouchy
  - Quai LEB
- **Niveau N-1** (Annexe 3 - référence du plan "M-AR00-33-2020-ARC-PG-006-01.01") :
  - Mezzanine nord

---

<sup>1</sup> Référence du document "M-AR00-33-2020-TRA-RN-001-01.01". Soit la pièce C05 du présent dossier PAP.



- Mezzanine sud (passerelle)
- **Niveau N0** (Annexe 3 - référence du plan "M-AR00-33-2020-ARC-PG-005-01.01") :
  - Accès sud (côté Place de l'Europe et côté escalier Saint François),
  - Accès nord-ouest LEB
  - Accès nord-ouest m2/m3
  - Accès nord-est m2/m3
  - Quai m1

La figure ci-dessous montre les accès principaux à la station Flon à l'horizon 2030.

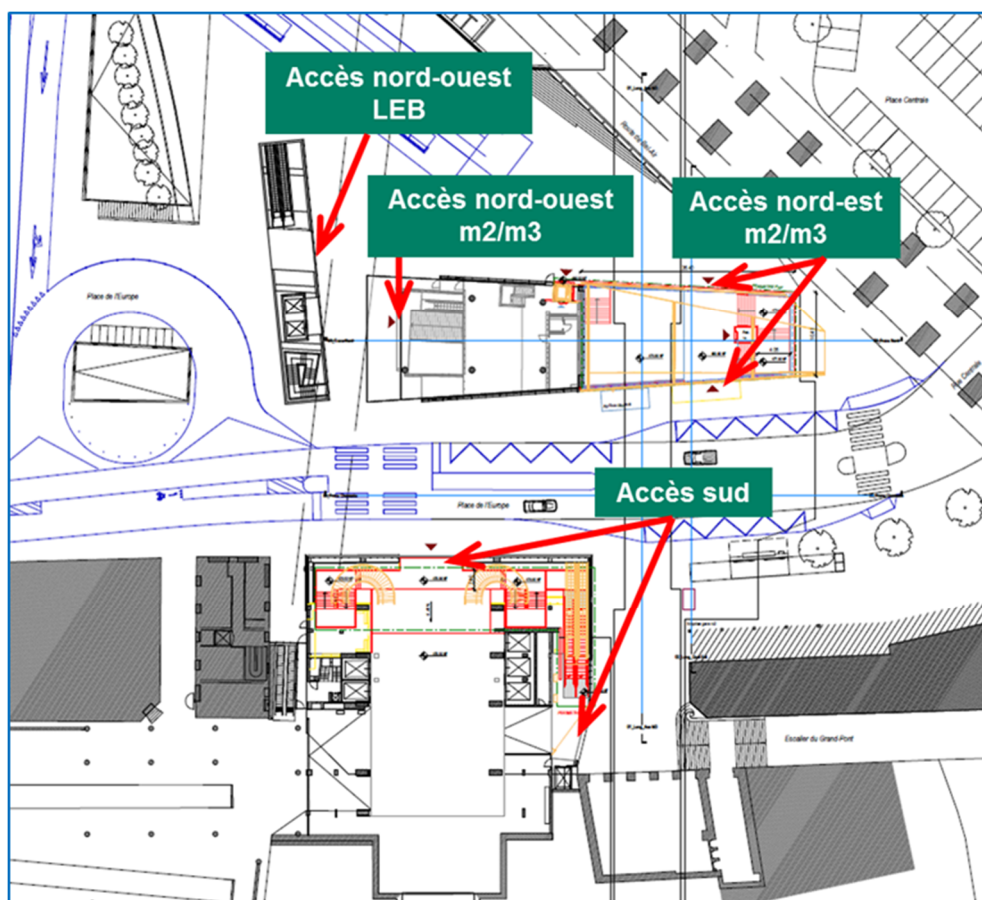


Figure 2 – Accès principaux de la station Flon au niveau N0

## 2.2 Bases

### 2.2.1 Méthode

La principale méthode est de réaliser les calculs statiques du **temps de transfert du public vers une zone hors sinistre<sup>2</sup>** et ensuite évaluer si le dimensionnement retenu sur les plans puisse satisfaire les besoins d'évacuation en cas de sinistre au niveau des quais à l'horizon 2030.

<sup>2</sup> Pour la station Flon, la zone hors sinistre est considérée étant à l'air libre, à l'extérieur de la station.

Le principal document de référence pris en considération est « Règles de vérification du dimensionnement pour l'évacuation (Janvier 2016) » de la Société du Grand Paris, qui s'inscrit dans le cadre de l'article GA 23 du règlement de sécurité des gares créé par l'arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares françaises.

Les calculs du temps d'évacuation sont effectués au regard des trafics entrants à la période de pointe la plus critique, des trains chargés, et en fonction des débits d'évacuation.

Les calculs se font donc en deux étapes :

### **I. Etape 1 : Détermination des effectifs à prendre en compte**

**Effectifs à évacuer = Effectifs attendant le train + Effectifs issus du train**

Pour chaque quai souterrain de la station, les effectifs à évacuer pris en compte sont les effectifs susceptible d'attendre le train au moment le plus chargé de la journée, plus ceux issus des trains.

- **Les effectifs attendant le train** sont déterminés à partir des données de la matrice<sup>3</sup> de trafic référence à l'horizon 2030. Celle-ci permet de connaître les données d'entrée suivantes :
  - Trafic voyageurs de référence montant dans les trains (trafic à l'heure de pointe) ;
  - Répartition de ces voyageurs sur chaque quai ;
  - Origine de ces voyageurs : ville (Place de l'Europe) ou ligne en correspondance ;
  - La période (matin ou soir) considérée correspond à l'heure de pointe la plus chargée (dimensionnante) pour chaque quai et pour la station globale.

Pour obtenir les flux **entrants maximum**, tous les trafics sont multipliés<sup>4</sup> :

- par un coefficient de majoration de **1,3** afin de définir l'hyperpointe ;
- et par un coefficient de majoration de **1,3** afin de définir le niveau d'incertitude de la matrice de trafic.

À partir de ces trafics maximum, on évalue le **flux arrivant sur chaque quai** :

- pendant une durée correspondant à l'intervalle entre deux trains circulant successivement dans le même sens de circulation, à l'heure de pointe considérée ;
- et pendant un délai de majoration correspondant au temps lié à la prise de décision d'évacuer, soit un temps de levée de doute, qui est fixé à **3 minutes**<sup>5</sup> ;
- lorsqu'une partie des entrants sur le quai provient d'une autre ligne en correspondance<sup>6</sup> exploité avec un intervalle en heure de pointe supérieur à la somme (intervalle de la ligne

<sup>3</sup> Source : étude Transitec (cette étude prend en compte la fréquentation de la station Flon selon les projections de trafic 2030 à l'hyperpointe, majorées de 30% de marge de manœuvre. Transitec a comparé cette fréquentation avec celle de la capacité maximale des lignes desservies, conformément à la demande de l'OFT, et globalement l'approche « demande » est plus contraignante)

<sup>4</sup> Idem 3

<sup>5</sup> Hypothèse préconisée par la Société du Grand Paris « Règles de vérification du dimensionnement pour l'évacuation (Janvier 2016) ».

<sup>6</sup> Par exemple LEB dont l'intervalle à 10 minutes est long par rapport aux autres lignes.

sur le quai + temps de levée de doute), l'effectif pris en compte correspond à la totalité du flux provenant d'un train de l'autre ligne en correspondance pendant l'heure de pointe.

- **Les effectifs issus du train** sont estimés selon le taux de remplissage et la capacité de train.
- **Pour vérifier le dimensionnement de chaque quai**, on considère
  - un train plein (taux de remplissage à 100%) pour le quai latéral (M3 direction Blécherette et M2 Ouchy) et le quai terminus (LEB) ;
  - et deux trains pleins pour le quai central (M2 Croisettes / M3 Gare).

Quais au N-2	Train	Train plein		Capacité d'une rame
Quai M3 Blécherette	M3	233	100%	233
Quai central M2 Croisettes / M3 Gare	M3	233	100%	233
	M2	233	100%	233
Quai M2 Ouchy	M2	233	100%	233
Quai LEB	LEB	560	100%	560

Tableau 1 – Capacité des trains

- **Pour vérifier le dimensionnement de chaque mezzanine**, on considère l'arrêt simultané des 5 trains (2 trains de M2, 2 trains de M3 et un train de LEB) sur les quais dont les taux de remplissage pour l'horizon 2030 sont fournis par les études « Expertise de prévisions de trafic, métros m2-m3 (Transitec, mars 2017) » et « Comptages TI-TC (Lausanne Région, 2014) » comme suit :

Quais au N-2	Train	Avec Taux de remplissage		Capacité d'une rame
Quai M3 Blécherette	M3	117	50%	233
Quai central M2 Croisettes / M3 Gare	M3	82	35%	233
	M2	117	50%	233
Quai M2 Ouchy	M2	82	35%	233
Quai LEB	LEB	392	70%	560

Tableau 2 – Taux de remplissage des trains

## II. Etape 2 : Calcul du temps d'évacuation

**Temps total de mise hors sinistre = Temps de parcours + Maximum des  
temps attente sur l'itinéraire d'évacuation**

**Le temps de parcours** est le temps mis par un voyageur pour arriver dans une zone hors sinistre:

- en partant du quai<sup>7</sup> ;

<sup>7</sup> Sur les quais, un parcours initial est pris en compte de manière forfaitaire pour le calcul : de l'ordre d'un tiers de la longueur utile du quai.

- en se déplaçant à la **vitesse réglementaire**<sup>8</sup> (**1,4 m/s** en plan et **0,3 m/s** en valeur de dénivelé pour un escalier incliné à 30°) ;
- et en empruntant le cheminement balisé le plus long.

**Les temps d'attente** sont calculés aux différents points de réduction de débit de l'itinéraire pour l'effectif total amené à les emprunter. Seul le temps d'attente maximum est pris en compte. Les **débits d'évacuation réglementaires**<sup>9</sup> sont les suivants :

- Escalier fixe à la montée : **60** voyageurs par minute et par mètre de largeur utile
- Couloir et rampe accessible : **100** voyageurs par minute et par mètre de largeur utile

Lorsqu'il existe un choix entre plusieurs dégagements, les effectifs se répartissent au prorata des débits respectifs de ceux-ci.

Dans nos hypothèses, les voyageurs empruntent uniquement les escaliers fixes pour l'évacuation donc les escaliers mécaniques et ascenseurs ne sont pas pris en compte. En fait, l'Association des Établissements cantonaux d'Assurance Incendie (AEAI) ne prend pas en compte les escaliers mécaniques pour trois raisons :

- la gestion manuelle de l'arrêt de fonctionnement de l'escalier prend du temps ;
- la hauteur inégale des marches pourrait provoquer des chutes, bloquant ainsi l'évacuation des personnes qui suivent ;
- l'arrêt brusque du fonctionnement de l'escalier mécanique pourrait faire chuter les voyageurs qui l'utilisent.

#### Valeurs-limites :

**Du côté de la sécurité**, certaines valeurs-limites en termes du **temps** et de la **densité** sont prises en compte pour vérifier le dimensionnement en évacuation.

- Pour une évacuation rapide et en bon ordre des quais, il est recommandé pour ne pas dépasser un temps de sortie de chaque quai **de l'ordre de 4 minutes**<sup>10</sup>, car un temps d'attente élevé sur les quais peut générer un risque de panique dans la mesure où le public peut percevoir directement les effets du sinistre ;
- Le temps total d'évacuation pour atteindre une zone hors sinistre (l'air libre en dehors de la station) doit être **inférieur à 10 minutes**<sup>11</sup> ;

<sup>8</sup> Source : Société du Grand Paris basé sur le règlement français de sécurité contre l'incendie relatif aux ERP (établissements recevant du public) de type GA (gares accessibles au public), article GA 23.4.

<sup>9</sup> Idem 8

<sup>10</sup> Source : Société du Grand Paris « Schéma directeur des sécurités – sécurité incendie (Janvier 2016) ».

<sup>11</sup> Source : Société du Grand Paris basé sur le règlement français de sécurité contre l'incendie relatif aux ERP (établissements recevant du public) de type GA (gares accessibles au public), article GA 23.2.

- La densité moyenne (après 1 minute d'évacuation<sup>12</sup>) sur le quai doit être **inférieure à 2,5 voy/m<sup>2</sup>**<sup>13</sup>. En cas de dépassement de 2,5 voy/m<sup>2</sup>, une étude de simulation dynamique est nécessaire pour vérifier le bon fonctionnement de la station en évacuation.

La densité de 2,5 voy/m<sup>2</sup> correspond bien au **niveau de service D pour l'attente** mais seulement au **niveau de service F pour la circulation horizontale**. À noter qu'en situation d'exploitation normale, au moins le **niveau de service D<sup>14</sup>** doit être assuré pour l'attente et aussi pour la circulation horizontale.

Les tableaux<sup>15</sup> ci-après représentent les densités en fonction du niveau de service et de la situation (circulation horizontale, attente statique).

#### Niveaux de service en situation de circulation horizontale


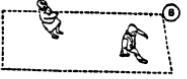

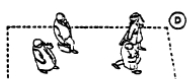


Niveau de service	Densité (m <sup>2</sup> /voy) voy/m <sup>2</sup>	Débit (voy/m/min)	Vitesse (m/s)	Illustration	Description
<b>A</b>	(> 3,3) < 0,3 voy/m <sup>2</sup>	< 23	< 1,32		Circulation libre. Situation de fluidité totale.
<b>B</b>	(3,3 à 2,3) 0,3 à 0,4 voy/m <sup>2</sup>	23 à 33	1,32 à 1,26		Circulation libre. Les usagers modifient leur comportement selon la présence et le positionnement des autres.
<b>C</b>	(2,3 à 1,4) 0,4 à 0,7 voy/m <sup>2</sup>	33 à 50	1,26 à 1,14		Circulation libre pour un flux unidirectionnel. Légères entraves pour des flux croisés ou des retournements. Dépassements faciles, conflits facilement évitables.
<b>D</b>	(1,4 à 0,9) 0,7 à 1 voy/m <sup>2</sup>	50 à 65	1,14 à 1		Vitesse contrainte et réduite pour la majorité des usagers. Quelques difficultés à dépasser les autres usagers. Forte probabilité de conflits en cas de retournements.
<b>E</b>	(0,9 à 0,5) 1 à 2 voy/m <sup>2</sup>	65 à 80	1 à 0,62		Vitesse contrainte et réduite pour tous les piétons. Dépassements et retournements très difficilement envisageables. Démarche irrégulière avec des arrêts fréquents.
<b>F</b>	(< 0,5) > 2 voy/m <sup>2</sup>	> 80	0,62 à 0		Avance très lente. Contacts entre usagers inévitables et fréquents. Dépassements et retournements pratiquement impossibles. Le flux est sporadique et instable.

Tableau 3 – Niveau de service en situation de circulation horizontale

<sup>12</sup> Il est préconisé de fluidifier la sortie du train de manière à l'évacuer en moins d'une minute.

<sup>13</sup> Vérification préconisée par la Société du Grand Paris lors des études d'avant-projet et de projet pour soixantaines gares depuis 2014.

<sup>14</sup> Source : Société du Grand Paris « Règles de fluidité et de dimensionnement en exploitation (Août 2014) ».

<sup>15</sup> Source : Société du Grand Paris basé sur les travaux de John Fruin (« Pedestrian Planning et Design »).

### Niveaux de service en situation de stationnement




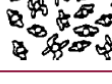
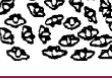

Niveau de service	Densité (m <sup>2</sup> /voy) voy/m <sup>2</sup>	Distance moy. entre usagers (m)	Illustration	Description
<b>A</b>	(> 1,2 m <sup>2</sup> /voy) <b>&lt; 0,8 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>&gt; 1,2 m</b>		Position debout sans gêne. Libre circulation possible sans gêner les autres usagers.
<b>B</b>	(1,2 à 0,9) <b>0,8 à 1,1 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>1,1 à 1,2</b>		Position debout sans gêne. Circulation partiellement limitée pour éviter de gêner les autres usagers.
<b>C</b>	(0,9 à 0,7) <b>1,1 à 1,4 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>0,9 à 1,1</b>		Position debout sans contact entre usagers. Circulation limitée possible mais en induisant de la gêne aux autres usagers. La densité est encore acceptable en termes de niveau de confort moyen.
<b>D</b>	(0,7 à 0,3) <b>1,4 à 3,3 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>0,6 à 0,9</b>		Position debout sans aucun contact impossible. Circulation sévèrement limitée et déplacements possibles uniquement en groupe. Attendre longtemps dans cette situation est inconfortable.
<b>E</b>	(0,3 à 0,2) <b>3,3 à 5 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>&lt; 0,6</b>		Position debout en contact physique avec les autres usagers. Aucune circulation possible. Attendre dans ces conditions est acceptable seulement pendant une courte période, dans de très sérieuses conditions d'inconfort.
<b>F</b>	(< 0,2) <b>&gt; 5 voy/m<sup>2</sup></b>	<b>Variable</b>		Toutes les personnes sont debout en contact physique direct les unes avec les autres. La densité est extrêmement inconfortable. Aucun mouvement n'est possible. Situation favorisant des bousculades et des mouvements de panique.

Tableau 4 – Niveau de service en situation de stationnement

- La surface minimale requise du quai pour l'évacuation est donc égale à l'effectif restant sur le quai après 1 minute d'évacuation divisé par 2,5 voy/m<sup>2</sup>.

Par ailleurs, chaque quai doit disposer d'au moins **deux dégagements indépendants**<sup>16</sup>, soit au moins deux escaliers fixes indépendants, car les escaliers mécaniques et ascenseurs ne sont pas empruntés pour l'évacuation dans nos hypothèses.

## 2.2.2 Données et hypothèses de base

### Conditions du système

La station Flon se développe sur 3 niveaux en souterrain (profondeur entre 6,5 m et 8,2 m).

- **Quais souterrains au niveau N-2**

Quais	Longueur	Largeur hors portes palières	Surface utile <sup>17</sup>
M3 Blécherette	33 m	5,6 m	200 m <sup>2</sup>
M3 CFF	33 m	8,0 m	315 m <sup>2</sup>
M2 Croisettes	33 m	5,3 m au droit des ascenseurs	230 m <sup>2</sup>
M2 Ouchy	33 m	5,3 m au droit des ascenseurs	290 m <sup>2</sup>
LEB			

Tableau 5 – Longueur, largeur et surface des quais

<sup>16</sup> Source : Société du Grand Paris basé sur le règlement français de sécurité contre l'incendie relatif aux ERP (établissements recevant du public) de type GA (gares accessibles au public), article GA 23.2.

<sup>17</sup> Sources : étude Transitec et plans d'architecture



- Mezzanines (nord et sud) au niveau N-1
- Accès (nord et sud) et quai M1 au niveau N0

En exploitation, les cheminements verticaux sont assurés par 11 escaliers mécaniques, 12 escaliers fixes et 9 ascenseurs. À noter que sur le quai LEB, le 2<sup>ème</sup> escalier fixe de 1,40 m (type encloué de secours) est utilisé uniquement en évacuation. Dans le schéma ci-dessous des circulations verticales, la largeur d'escalier fixe est exprimée en largeur utile<sup>18</sup> en enlevant entre 0,2 m et 0,3 m de bord de chaque côté.

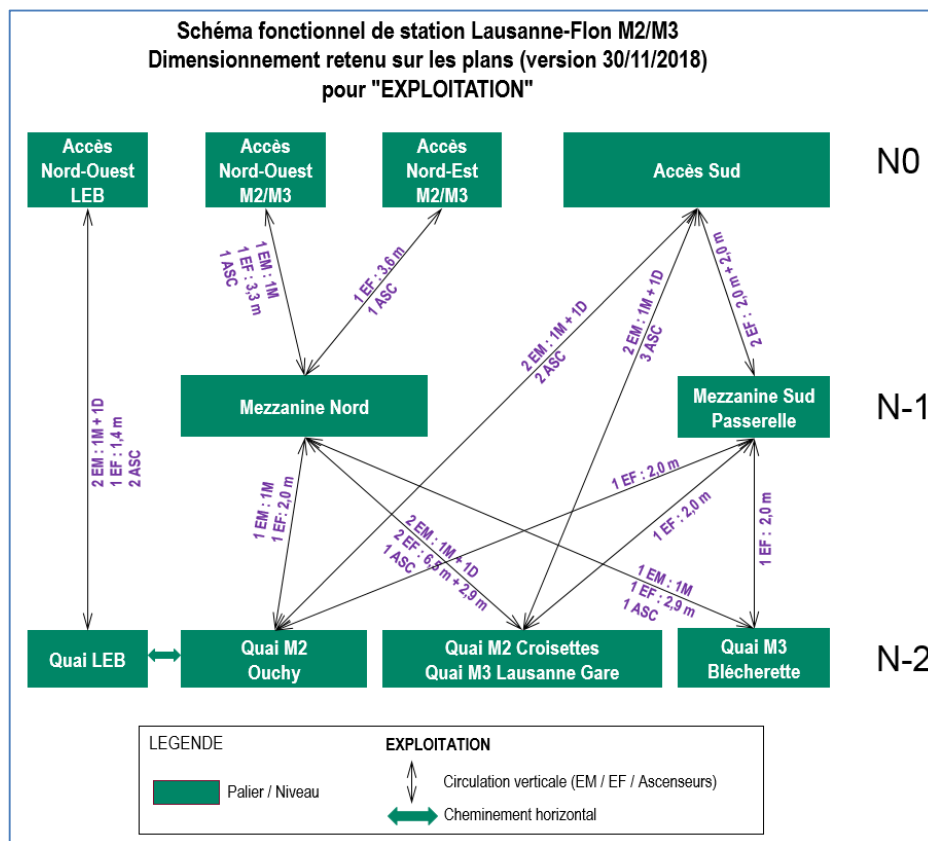


Figure 3 – Schéma des circulations verticales de la station Flon

### Conditions d'exploitation

- Cadence des trains à l'horizon 2030 :

	Nb de trains/h/sens	Intervalle de passage [min]
M1	12	5,0
M2	30	2,0
M3	20	3,0
LEB	6	10,0
T1	12	5,0

<sup>18</sup> Idem 17

Tableau 6 – Cadence des trains à l'horizon 2030 (source: étude Transitec)

- **Trains ("contenants")** : Cf. tableaux 1 et 2 en page 14
- **Données de trafic** : Les matrices de trafic voyageurs entrants, sortants, correspondants à l'heure de pointe du matin et du soir en pondérant par 1,7 (=coefficient d'hyperpointe 1,3 × coefficient d'incertitude 1,3) , et leur répartition dans la station (matrice Origine - Destination) pour l'horizon 2030 sont précisés dans les tableaux suivants :

O\D HPM	Ville/bus	T1 départ vers Renens-Gare	M1 départ vers Renens-Gare	M2 quai direction Ouchy	M2 quai direction Croisettes	M3 quai direction Lausanne Gare	M3 quai direction Blécherette	LEB départ vers Echallens/Bercher	Total
Ville/bus			907	669	860	191	621	48	3 296
T1 terminus Lausanne-Flon			698	514	661	147	478	37	2 535
M1 terminus Lausanne-Flon	855	328		169	254	85	254	0	1 944
M2 quai direction Ouchy	917	351	930				676	11	2 884
M2 quai direction Croisettes	1 222	468	1 099				507	85	3 380
M3 quai direction Lausanne Gare	244	94	254	85	254			85	1 014
M3 quai direction Blécherette	550	211	845					85	1 690
LEB terminus Lausanne-Flon	183	70	592	338	423	85	169		1 859
Total	3 972	1 521	5 324	1 775	2 451	507	2 704	349	18 601

Tableau 7 – Matrice pondérée de flux à l'heure de pointe du matin à l'horizon 2030 (source: étude Transitec)

O\D HPS	Ville/bus	T1 départ vers Renens-Gare	M1 départ vers Renens-Gare	M2 quai direction Ouchy	M2 quai direction Croisettes	M3 quai direction Lausanne Gare	M3 quai direction Blécherette	LEB départ vers Echallens/Bercher	Total
Ville/bus			1 469	1 748	979	699	629	559	6 084
T1 terminus Lausanne-Flon			306	364	204	146	131	117	1 268
M1 terminus Lausanne-Flon	1 546	397		1 099	423	507	254	169	4 394
M2 quai direction Ouchy	941	242	169				85	169	1 606
M2 quai direction Croisettes	1 748	449	169				169	254	2 789
M3 quai direction Lausanne Gare	874	224	169	254	592			169	2 282
M3 quai direction Blécherette	672	173	85					85	1 014
LEB terminus Lausanne-Flon	471	121	85	85	85	85	85		1 014
Total	6 253	1 606	2 451	3 549	2 282	1 437	1 352	1 521	20 449

Tableau 8 – Matrice pondérée de flux à l'heure de pointe du soir à l'horizon 2030 (source: étude Transitec)



- **Répartition des flux sur les infrastructures en exploitation** dont les hypothèses<sup>19</sup> pour l'horizon 2030 sont les suivantes :
  - les flux de transfert entre le m2 et le m3 sont également répartis entre le nord et le sud de la station ;
  - la correspondance entre les lignes situées au niveau -2 et le m1 s'effectue intégralement par le sud de la station (entre 60% et 80% par les escaliers mécaniques et entre 40% et 20% par la passerelle) ;
  - 90% des voyageurs en transfert entre le LEB et les métros m2 et m3 passent par la mezzanine, 10% par la passerelle ;
  - en direction de la mezzanine, les deux tiers des voyageurs empruntent les escaliers, un tiers les escaliers mécaniques.

### Conditions de maintenance

Les hypothèses de maintenance associée à la mécanisation sont directement liées à la garantie de disponibilité de certains équipements utilisés pour l'exploitation et l'évacuation de la station Flon.

- **En exploitatoir** : 1 escalier mécanique montant ou descendant à l'arrêt non praticable sur chacun des quais, les autres escaliers mécaniques et ascenseurs sont en fonctionnement ;
- **En évacuation** : comme indiqué plus haut, tous les escaliers mécaniques et ascenseurs ne sont pas pris en compte, donc les voyageurs empruntent uniquement les escaliers fixes pour l'évacuation, correspondant au cas le plus défavorable.

### 2.2.3 Définition des cas de charge et des situations de risque

Exemple de calcul des effectifs à évacuer sur le quai M2 Ouchy à l'HPM :

- Les effectifs attendant le train : **176 voyageurs** arrivant sur le quai pendant 5 minutes.

Intervalle (min)	OD HPM	M2 quai Ouchy	Effectifs attendant sur le quai pendant 5 minutes (intervalle M2 à 2 min + temps levée doute à 3 min)
	Ville/bus	669	= $669 \cdot 5 / 60 = 56$
5	T1 terminus Lausanne-Flon	514	= $514 \cdot 5 / 60 = 43$
5	M1 terminus Lausanne-Flon	169	= $169 \cdot 5 / 60 = 14$
3	M3 quai CFF	85	= $85 \cdot 5 / 60 = 7$
<b>10</b>	LEB terminus Lausanne-Flon	338	= $338 \cdot 10 / 60 = 56$
	<b>Total</b>	<b>1 775</b>	<b>176</b>

Tableau 9 – Calcul des effectifs attendant sur le quai M2 Ouchy à l'HPM

Parce que l'intervalle de LEB (à 10 minutes) est supérieure à 5 minutes (intervalle de M2 à 2 minutes + temps levée doute à 3 minutes), les effectifs provenant de LEB sont les flux d'un train de LEB.

<sup>19</sup> Source: étude Transitec

- Les effectifs issus du train : **233 voyageurs** (train plein de M2).
- Donc les effectifs à évacuer sur le quai M2 à l'HPM sont **409 voyageurs**.

Résultats des calculs pour l'HPM et l'HPS par quai :

Quai	Effectifs attendant HPM	Effectifs attendant HPS	Effectifs issus des trains pleins
Quai M3 Blécherette	<b>282</b>	141	233
Quai central M2 Croisettes/M3 Gare	296	<b>346</b>	466 (=233+233)
Quais globaux M2 Ouchy/LEB	252	<b>632</b>	793 (=233+560)

Tableau 10 – Les effectifs à évacuer à l'HPM et à l'HPS par quai

Les effectifs à évacuer sont plus dimensionnants à l'HPM pour le quai M3 Blécherette, par contre à l'HPS pour les autres quais et la station globale. On prend en compte les quais globaux M2 Ouchy et LEB lors de calcul.

Les effectifs présents dans les mezzanines (N-1) et le hall d'accueil (N0) ne sont pas pris en compte parce qu'au moment du déclenchement de l'alarme ils ont quitté la station avant l'arrivée des effectifs des quai souterrains et des trains.

Donc en situations de risque sur les quais (par exemple incendie), les flux et **les charges plus dimensionnants** pouvant apparaître dans des installations particulières sont comme suit :

Quai	Effectifs à évacuer
Quai M3 Blécherette	515 (HPM)
Quai central M2 Croisettes/M3 Gare	812 (HPS)
Quais globaux M2 Ouchy/LEB	1425 (HPS)

Tableau 11 – Les effectifs retenus à évacuer par quai pour la vérification

## 2.2.4 Domaine de validité

### Limites de validité

- **Horizon de validité** : les prévisions de trafic utilisées pour la station Flon sont établies à l'horizon 2030.
- **Représentativité des cas de charge** : les flux et les charges retenus pour l'évacuation incluent deux parties :
  - effectifs attendant le train sont ceux plus dimensionnant parmi HPM et HPS ;
  - effectifs issus des trains pleins ou non-pleins dont les taux de remplissages sont fourni par « Expertise de prévisions de trafic, métros m2-m3 (Transitec, mars 2017) » et « Comptages TI-TC (Lausanne Région, 2014) » pour l'horizon 2030. Par ailleurs, les calculs prennent en compte l'arrêt simultané des 5 trains (M2, M3 et LEB) sur les quais souterrains, correspondant au cas le plus défavorable.
- **Affluence maximale** : les flux considérés sont pondérés par 1,7 pour prendre en compte les flux maximum durant hyperpointe à l'horizon 2030.
- **Transports publics considérés** : bus, t1, m1, m2, m3 et LEB.

## Hypothèses non considérées ou invraisemblables

Sans objet.

## 2.3 Vérification

### 2.3.1 Fonctionnalité de la gare

Selon les calculs, la fonctionnalité de la gare en évacuation est la suivante :

#### – Quai M3 Blécherette au niveau N-2 (HPM dimensionnant) :

*Effectifs entrants à 282 voy + Train plein de M3 à 233 voy soit 515 voy à évacuer*

Le temps d'attente maximum sur le quai est de **1,75 minute**<sup>20</sup> (inférieur à 4 minutes), la densité moyenne est de **1,10 voy/m<sup>2</sup>** (la surface utile du quai est de 200 m<sup>2</sup>). Sont pris en compte 1 EF de 2,0 m vers la mezzanine sud et 1 EF de 2,9 m vers la mezzanine nord.

Pour le cas avec un taux de remplissage de 50% à l'HPS (257 voy à évacuer), le temps d'attente maximum passe à **0,88 minute** et la circulation devient fluide (débit d'évacuation en 1 minute est supérieur aux flux à évacuer). En fonction du prorata des débits, 105 voyageurs montent dans la mezzanine sud et 152 voyageurs dans la mezzanine nord.

#### – Quai central M3 Gare / M2 Croisettes au niveau N-2 (HPS dimensionnant) :

*Effectifs entrants à 346 voy + Trains pleins de M3/M2 à 466 voy soit 812 voy à évacuer*

Le temps d'attente maximum sur le quai central est de **1,19 minute** (inférieur à 4 minutes), la densité moyenne est de **0,24 voy/m<sup>2</sup>** (la surface utile du quai est de 545 m<sup>2</sup>). Sont pris en compte 1 EF de 2,0 m vers la mezzanine sud et 2 EF (6,5 m et 2,9 m) vers la mezzanine nord.

Pour le cas avec un taux de remplissage (50% pour train M2 et 35% pour train M3) à l'HPS (545 voy à évacuer), le temps d'attente maximum passe à **0,80 minute** et la circulation devient fluide. En fonction du prorata des débits, 96 voyageurs montent dans la mezzanine sud et 449 voyageurs dans la mezzanine nord.

#### – Quais globaux M2 Ouchy / LEB (HPS dimensionnant) :

*Effectifs entrants à 632 voy + Trains pleins de M2/LEB à 793 voy soit 1425 voy à évacuer*

Le temps d'attente maximum sur les quais globaux est de **3,49 minute**<sup>21</sup> (inférieur à 4 minutes), la densité moyenne est de l'ordre de **1,7 voy/m<sup>2</sup>** (la surface utile des quais est supérieure à 600 m<sup>2</sup>). Sont pris en compte 1 EF de 2,0 m vers la mezzanine sud, 1 EF de 2,0 m vers la mezzanine sud et 2 EF de 1,4 m directement vers le niveau N0.

Pour le cas avec un taux de remplissage (35% pour train M2 et 70% pour train M3) à l'HPS (1106 voy à évacuer), Le temps d'attente maximum passe à **2,71 minute**, la densité moyenne est de l'ordre de **1,0 voy/m<sup>2</sup>**. En fonction du prorata des débits, 325 voyageurs montent dans la

<sup>20</sup> Temps d'attente maximum = Flux à évacuer / débit d'évacuation = Flux à évacuer / (largeur utile des escaliers fixes × 60 voy/min/m)

<sup>21</sup> C'est le temps d'attente maximum enregistré dans les parcours d'évacuation.

mezzanine sud, 325 voyageurs dans la mezzanine nord et 455 voyageurs directement au niveau N0.

– **Mezzanine sud (passerelle) au niveau N-1 (HPS dimensionnant) :**

Au cas de l'arrêt simultané des 5 trains à l'HPS, dans la mezzanine sud 526 voyageurs montant depuis les quais se dirigent vers le niveau N0. Le temps d'attente maximum est de **2,19 minutes** avec 2 EF de 2,0 m vers les sorties sud de la station. La densité maximale est de **2,11 voy/m²** (la surface utile de la mezzanine sud est d'environ 108 m²).

– **Mezzanine nord au niveau N-1 (HPS dimensionnant) :**

Au cas de l'arrêt simultané des 5 trains à l'HPS, dans la mezzanine nord 927 voyageurs montant depuis les quais se dirigent vers le niveau N0. Le temps d'attente maximum est de **2,24 minutes** avec 1 EF de 3,6 m vers la sortie nord-est côté rue Centrale et 1 EF de 3,3 m vers la sortie nord-ouest côté Flon. La densité maximale est de l'ordre de **1,3 voy/m²** (la surface utile de la mezzanine nord est supérieure à 300 m²).

– **Sorties au niveau N0 (HPS dimensionnant) :**

Les largeurs retenues sur le plan pour les sorties de la station sont suffisantes pour la fluidité en évacuation.

Selon les calculs statiques, le temps d'évacuation réglementaire jusqu'à l'air libre est de **5,02 minutes (inférieur à 10 minutes)** pour une distance de parcours horizontale à 90 m et verticale à 8,2 m.

- temps de parcours horizontal :  $90 / (1,4 \times 60) = 1,07$  minute ;
- temps de parcours vertical :  $8,2 / (0,3 \times 60) = 0,46$  minute ;
- temps d'attente maximum pour emprunter les escaliers fixes : 3,49 minutes ;
- donc le temps total d'évacuation :  $1,07 + 0,46 + 3,49 = \mathbf{5,02 \text{ minutes}}$ .

## 2.3.2 Éléments du système

### Quais

#### Surface disponible

Sur le plan, la surface utile du quai est comme suit :

Quai M3 Blécherette	Quai central M2 Croisettes / M3 Gare	Quais globaux M2 Ouchy / LEB
200 m²	$315 + 230 = 545 \text{ m}^2$	> 600 m²

Tableau 12 – Surface retenue du quai

#### Surface nécessaire

La surface minimale requise pour les besoins en évacuation (pour que la densité moyenne soit inférieure à 2,5 voy/m²) si les largeurs retenues des escaliers fixes au quai sont inchangées et pour les besoins en exploitation (pour assurer au moins le niveau de service D) est comme suit :

	Quai M3 Blécherette	Quai central M2 Croisettes / M3 Gare	Quais globaux M2 Ouchy / LEB
Pour les besoins en évacuation (densité moyenne < 2,5 voy/m <sup>2</sup> )	88 m <sup>2</sup>	51 m <sup>2</sup>	407 m <sup>2</sup>
Pour les besoins en exploitation (niveau de service C : 0,4 à 0,7 voy/m <sup>2</sup> en circulation et 1,1 à 1,4 voy/m <sup>2</sup> en attente)	227 m <sup>2</sup>	224 + 229 = 453 m <sup>2</sup>	De l'ordre de 477 m <sup>2</sup>
Pour les besoins en exploitation (niveau de service D : 0,7 à 1,0 voy/m <sup>2</sup> en circulation et 1,4 à 3,3 voy/m <sup>2</sup> en attente)	144 m <sup>2</sup>	173 + 172 = 345 m <sup>2</sup>	De l'ordre de 370 m <sup>2</sup>

Tableau 13 – Surface nécessaire du quai

## Résultats

Les surfaces retenues des quais sur le plan sont bien dimensionnées pour la sécurité.

## Accès débouchant sur le quai

### Capacité disponible

Sur le plan, les escaliers débouchant sur le quai sont comme suit :

Quai (N-2)	Depuis mezzanine nord (N-1)	Depuis mezzanine sud (N-1)	Depuis accès sud (N0)	Depuis accès nord-ouest (N0)
Quai M3 Blécherette	1 EM et 1 EF de 2,9 m	1 EF de 2,0 m		
Quai central M3 Gare / M2 Croisettes	2 EM et 2 EF (6,5 m + 2,9 m)	1 EF de 2,0 m	2 EM	
Quai M2 Ouchy	1 EM et 1 EF de 2,0 m	1 EF de 2,0 m	2 EM	
Quai LEB				2 EM et 1 EF de 1,4 m et 1 EF encloisonné de secours 1,4 m

Tableau 14 – Escaliers retenus du quai

### Capacité nécessaire

Les escaliers nécessaires du quai pour les besoins en exploitation (pour que le temps d'attente maximum soit inférieur à 1 minute) et en évacuation (pour que le temps de sortie du quai soit inférieur à 4 minutes et la densité moyenne sur le quai inférieure à 2,5 voy/m<sup>2</sup>) sont comme suit :

Quai (N-2)	Depuis mezzanine nord (N-1)	Depuis mezzanine sud (N-1)	Depuis accès sud (N0)	Depuis accès nord-ouest (N0)

Quai M3 Blécherette	1 EM et 1 EF de 1,8 m	1 EF de 1,8 m		
Quai centrale M3 Gare / M2 Croisettes	2 EM et 2 EF (5,1 m + 2,9 m)	1 EF de 1,8 m	2 EM	
Quai M2 Ouchy	1 EM et 1 EF de 1,8 m	1 EF de 1,8 m	2 EM	
Quai LEB				2 EM et 1 EF de 1,7 m et 1 EF encloisonné de secours 1,4 m

Tableau 15 – Escaliers nécessaires du quai

## Résultats

Le nombre des escaliers mécaniques et la largeur des escaliers fixes sont bien dimensionnés pour la sécurité en évacuation.

Remarque :

Pour le quai LEB, la largeur d'EF de 1,4 m, donne un temps d'attente maximum d'1,4 minute qui est acceptable en exploitation, compte tenu de l'intervalle de passage de train de 10 minutes.

## Accès hors des quais

### Capacité disponible

Sur le plan, les escaliers entre mezzanines (N-1) et accès (N0) sont comme suit :

Mezzanines (N-1)	Depuis accès nord-ouest (N-0)	Depuis accès nord-est (N-0)	Depuis accès sud (N0)
Mezzanine Nord	1 EM et 1 EF de 3,3 m	1 EF de 3,6 m	
Mezzanine Sud (passerelle)			2 EF de 2,0 m

Tableau 16 – Escaliers retenus entre mezzanines et accès

### Capacité nécessaire

Les escaliers nécessaires entre mezzanines (N-1) et accès (N0) pour les besoins en exploitation (pour que le temps d'attente maximum soit inférieur à 1 minute) et en évacuation (pour que le temps de sortie du quai soit inférieur à 4 minutes et la densité maximale sur la mezzanine inférieure à 2,5 voy/m<sup>2</sup>) sont comme suit :

Mezzanines (N-1)	Depuis accès nord-ouest (N-0)	Depuis accès nord-est (N-0)	Depuis accès sud (N0)

Mezzanine Nord	1 EM et 1 EF de 2,0 m	1 EF de 1,8 m	
Mezzanine Sud (passerelle)			2 EF de 1,8 m

Tableau 17 – Escaliers nécessaires entre mezzanines et accès

## Résultats

Le nombre des escaliers mécaniques et la largeur des escaliers fixes entre mezzanines (N-1) et accès (N0) sont bien dimensionnés pour la sécurité.

## Autres éléments si nécessaire

Sans objet.

## 2.4 Conclusion

### 2.4.1 Résultat global

Selon les calculs statiques pour le cas d'évacuation,

- le temps pour sortir des quais est bien **inférieur à 4 minutes** et pour sortir de la station est bien **inférieur à 10 minutes** (à 5,02 minutes) ;
- la densité moyenne sur les quais est bien **inférieure à 2,5 voy/m<sup>2</sup>** ;
- la densité maximale sur les mezzanines est bien **inférieure à 2,5 voy/m<sup>2</sup>**.

Sur le plan, il existe bien deux dégagements indépendants (deux escaliers fixes) sur chacun des quais.

### 2.4.2 Validité des hypothèses

- **Horizon 2030** : hypothèse basée sur l'étude Transitec qui fournit les prévisions de trafic pour l'horizon 2030.
- **Représentativité des cas de charge** : sur chaque quai, les flux et les charges retenus pour l'évacuation incluent les effectifs issus de(s) train(s) plein(s) ; sur les mezzanines, les flux à évacuer considère l'arrêt simultané des 5 trains<sup>22</sup> (M2, M3 et LEB) sur les quais, correspondant au cas le plus défavorable pour la vérification du dimensionnement. Par ailleurs, l'évacuation emprunte uniquement les escaliers fixes, ce qui est conforme aux exigences AEAI.
- **Affluence maximale** : les flux considérés sont ceux plus dimensionnant parmi HPM et HPS, et pondérés par 1,7 pour prendre en compte les flux maximum durant hyperpointe. Le coefficient de pondération à 1,7 est proposé par l'étude Transitec.
- **Transports publics considérés** : tous les transports publics (bus, t1, m1, m2, m3 et LEB) pour la Place de l'Europe et pour la station Flon à l'horizon 2030 sont pris en compte.

<sup>22</sup> Cf. tableau 2 en page 14 pour les taux de remplissage



### 2.4.3 Bilan et recommandations

On peut conclure que le dimensionnement retenu (largeur et surface des quais, largeur d'escalier fixe etc.) satisfait les besoins en exploitation et en évacuation pour la nouvelle station Flon M2/M3 à l'horizon 2030.

- **Recommandations :**

- Il est préférable de mettre un espace refuge sur chacun des quais pour les utilisateurs de fauteuil roulant en cas de sinistre au niveau des quais ;
- Sur la mezzanine sud (passerelle), lors de l'évacuation, 3 EF de 2,0 m deviennent 2 EF de 2,0 m, où le débit d'évacuation est réduit de 360 voy/min à 240 voy/min, ce qui entraîne la file d'attente importante (densité maximale 2,11 voy/m<sup>2</sup> proche de 2,50 voy/m<sup>2</sup>). Il est préférable garder la largeur constante des escaliers fixes pour éviter le rétrécissement sur les itinéraires d'évacuation.

*Le Maître d'ouvrage reconnaît la conclusion du rapport et la nature non-engageante des recommandations du mandataire. Il y répond comme suit :*

*Recommandation 1 : Les quais du m2 actuel et les autres quais de la stations Flon (m1, LEB) ne sont pas équipés de refuge pour les fauteuils roulants. Le Maître de l'ouvrage décide de favoriser l'espace d'attente et de circulation sur les quais du m3 et de ne pas y mettre des refuges.*

*Recommandation 2 : L'espace a disposition pour les escaliers au sud ne permet pas d'augmenter la largeur des escaliers sans remettre en cause la largeur de la passerelle ou la présence des ascenseurs. Dans le projet actuel, le Maître de l'ouvrage décide que cette recommandation ne sera pas mise en œuvre.*



## 3 PARTIE B : Concept de protection incendie

### 3.1 Introduction

#### 3.1.1 Généralités

Le groupement Syméo a été mandaté pour élaborer une étude conceptuelle de protection contre les incendies pour le projet de construction de la nouvelle gare du métro M3, dans le volume de la gare du Flon, implantés sur la commune de Lausanne. L'ouvrage comportera deux niveaux de sous-sol, ses quais seront situés au même niveau que le métro M2 déjà construit.

Les chapitres suivants (rapport et plans de protection incendie) décrivent toutes les mesures de prévention -constructives, techniques et organisationnelles- à mettre en œuvre pour que ce projet réponde aux exigences des prescriptions de protection incendie (norme et directives AEAI<sup>23</sup> 2015) visant à protéger les personnes, les biens et l'environnement contre les dangers et les effets des incendies.

#### 3.1.2 Assurance qualité

Les prescriptions AEAI 2015 (PPI 2015), en particulier la directive 11-15, définissent les mesures minimales qui doivent être prises pour assurer la qualité de la protection incendie pendant toute la durée de vie du bâtiment ou de l'ouvrage. Cette directive définit les processus de travail et la collaboration entre les acteurs concernés par la construction, l'exploitation et l'autorité compétente, ainsi :

- toutes les personnes concernées doivent garantir, pendant toute la vie du bâtiment ou de l'ouvrage une assurance qualité efficace de la protection incendie;
- les mesures d'assurance qualité en protection incendie seront contrôlées régulièrement et adaptées si nécessaire;
- au moment de prendre possession du bâtiment ou de l'ouvrage, les propriétaires et les utilisateurs recevront tous les documents leur permettant d'en assurer l'entretien sur le plan de la protection incendie;
- lors de modifications importantes, les documents concernés seront tenus à jour par les propriétaires et les exploitants;
- l'assurance qualité reposera sur les critères de détermination des exigences de protection incendie, ainsi que sur les équipements de protection incendie et les méthodes de preuve en protection incendie.

---

<sup>23</sup> Association des établissements cantonaux d'assurance incendie

S'agissant d'un bâtiment souterrain, les éléments importants déterminant le degré d'assurance qualité sont:

- locaux recevant un grand nombre de personnes (AQ 2);
- concept de protection incendie recourant à des méthodes de preuves, (AQ 3).

Du fait de ces paramètres, le projet devrait entrer en degré 3 selon la DPI 11-15, si bien que le responsable de l'assurance qualité en protection incendie sera un expert en protection incendie AEAI ou une personne présentant une qualification équivalente.

Syméo a été mandaté pour assurer le rôle de responsable de l'assurance qualité (AQ) en protection incendie pour accompagner le Maître d'ouvrage, ses mandataires et ses entreprises **durant la phase de dépôt de la PAP.**

Pour **les autres parties de la phase conception** (phases SIA 31 à 33) ainsi que durant **les phases d'appel d'offre et d'exécution** (phases SIA 41, 51 à 53) un responsable d'assurance qualité en protection incendie sera à nommer. Le nom du responsable AQ du projet sera communiqué à l'autorité de protection incendie par le formulaire de dépose de dossier de mise à l'enquête.

### 3.1.3 Concept standard de protection incendie

Le concept standard de protection incendie est le plan d'actions permettant d'atteindre les objectifs de protection en application des seules prescriptions de protection incendie AEAI 2015. Le concept présenté ici est basé sur des mesures de protection faisant appel à des méthodes de preuves en protection incendie.

Pour l'ensemble de ce projet de construction, il est décidé d'appliquer le concept "construction" (vs. concept "installation d'extinction"). Le concept "construction" est le concept de protection incendie reposant sur des mesures de construction pour permettre d'atteindre les objectifs de protection. Il peut être néanmoins nécessaire d'y inclure des équipements de protection incendie, suivant l'affectation du bâtiment ou de l'ouvrage.

### 3.1.4 Structure du concept de protection incendie

Le concept est articulé en deux chapitre principaux dont les destinataires sont différents. Le chapitre 3.4 est un résumé des différentes exigences et est principalement à destination de l'autorité. Le chapitre 3.5 développe plus en détail les différentes mesures prévues et est à destination des mandataires et entreprises.

## 3.2 Base documentaire

Les documents ayant servis de base pour l'élaboration de ce concept sont les suivants :

- dossier de plans, coupes et élévations des bureaux d'architecture Architram et AZC, du 30.11.2018;
- CR de la séance de présentation du concept à l'ECA du 17.04.2019.

### 3.3 Objectifs de protection

L'objectif principal d'un concept de protection incendie est d'assurer la protection des personnes, des biens -mobiliers et immobiliers- et de l'environnement contre les dangers d'incendies identifiables.

Le bâtiment et les autres ouvrages seront construits, exploités et entretenus, de manière à :

- garantir la sécurité des personnes et des animaux;
- prévenir les incendies, les explosions et limiter la propagation des flammes, de la chaleur et des fumées;
- limiter les risques de propagation du feu aux bâtiments et aux ouvrages voisins;
- conserver la stabilité structurelle du bâtiment et des autres ouvrages pendant une durée déterminée;
- permettre une lutte efficace contre le feu et garantir la sécurité des sapeurs-pompiers.
- Lors de modifications importantes, les documents concernés seront tenus à jour par les propriétaires et les exploitants.

### 3.4 Données relatives au projet

#### 3.4.1 Descriptif général

Le projet prévoit la construction d'une gare souterraine, de deux niveaux avec des commerces au 1<sup>er</sup> sous-sol.

#### 3.4.2 Données générales

Maître d'ouvrage	Canton de Vaud. Agglomération Lausanne-Morges, Transports publics Lausannois (TL), Ville de Lausanne
Description du projet et usages	2 niveaux souterrain de gare, locaux techniques, commerces
Affectations selon AEAI	Locaux recevant un grand nombre de personnes Commerces Bureaux
Niveaux	2 niveaux souterrains au sens de l'AEAI : niveaux -2 et -1 Le rez est hors terre
Implantation	Milieu urbain, à côté de la gare des métros M1, M2 et du LEB
Voisinage	Commerces, espace urbain
Dangers issus du voisinage	Aucun danger supérieur à la moyenne concernant la protection incendie Cette zone n'est pas soumise à l'OPAM
Alimentation en eau d'extinction (réseau d'adduction d'eau)	Réseau communal existant

### 3.4.3 Affectation des locaux et surface des locaux traités par la PAP

Sous-sol -2 : SP env. 1 600 m <sup>2</sup>	Quai métro M3 et locaux technique
Sous-sol -1 : SP env. 1 300 m <sup>2</sup>	Galerie de circulation, petit commerce (~100 m <sup>2</sup> ), locaux administratifs, locaux technique
Rez de chaussée: SP env. 620 m <sup>2</sup>	Sortie sur la place de l'Europe, gare du métro M1

### 3.4.4 Données relatives à la protection incendie du bâtiment projeté

Construction	
Degré assurance qualité	Degré 3, expert en protection incendie, bâtiments souterrains avec concept de protection incendie basé sur des méthodes de preuves en protection incendie.
Distance de sécurité	Les façades des bâtiments voisins sont situées à plus de 10 m des façades des bâtiments projetés : pas de mise en danger réciproque des bâtiments
Parois extérieures / façades	Les façades des bâtiments seront constituées d'éléments vitrés et d'éléments en métal déployé perméable à l'air.  Les revêtements extérieurs seront en matériaux RF1 (tôle ventilée) et respecteront les dispositions de la directive 14-15 (cf. annexe 2)
Toiture / couverture	Toitures plates (non accessibles) avec couche supérieure incombustible : végétalisation ou graviers (RF1) Installations de production d'énergie solaire : sans objet
Hauteur des bâtiments	Env. 6 m toiture finie sans acrotère  <b>Ø Bâtiment de faible hauteur</b>  Cette hauteur est mesurée à l'aplomb du bâtiment et correspondent à la hauteur entre la toiture et le terrain naturel
Genre de construction	Incombustible (RF1) : poteaux et dalles en béton armé, murs en béton armé ou en maçonnerie, structure passerelle en acier.
Accès pour les sapeurs-pompiers	Les recommandations CSSP seront intégralement respectées.  Un Safe (tube à clé), contenant les clés d'accès au site en toute heure, pour les sapeurs-pompiers sera implanté à proximité immédiate du / des point (s) de pénétration
Défense incendie extérieure	La défense incendie extérieure est constituée de bornes hydrantes (BH), dont la suffisance sera réglée en temps opportun avec les sapeurs-pompiers  Il est prévu de la compléter par une hydrante sur le quai est et une sur le quai ouest.

Construction (suite)	
Résistance au feu du système porteur et des compartiments	<p>Les parties de construction formant le système porteur et le compartimentage coupe-feu, pour cet ouvrage, présenteront les résistances suivantes :</p> <p><b>Tous niveaux :</b></p> <p>R60 pour le système porteur, excepté pour celui hors-sol (un niveau) qui n'a aucune exigence de résistance au feu.</p> <p>REI60 pour les voies d'évacuation verticales et les dalles d'étage formant compartiment coupe-feu.</p> <p><b>Niveaux souterrains :</b></p> <p>EI60 pour les parois formant compartiment coupe-feu.</p>
Fermetures coupe-feu et étanches aux fumées	<p>Les passages et autres ouvertures pratiqués dans des éléments de construction formant compartiment coupe-feu seront obturés par des fermetures résistant au feu E(I)30</p> <p>Les fermetures coupe-feu et étanches aux fumées qui seraient maintenues ouvertes pour des impératifs d'exploitation seront équipées d'un dispositif de fermeture automatique en cas d'incendie</p> <p>Les portes débouchant aux voies d'évacuation verticales (volume quai – galerie – escaliers) seront pourvues d'un ferme-porte</p>
Ouvertures et trémies de câblage et de tuyaux	<p>Les ouvertures et les trémies de câblage et de tuyaux ménagées dans des éléments de construction formant compartiment coupe-feu seront obturées de manière à résister au feu pendant au moins 30 minutes. Obturations selon la directive 15-15 art. 3.5</p>
Gainex techniques	<p>Les gaines techniques traversant les niveaux seront compartimentées EI60 dans les niveaux souterrains</p> <p>Les regards de visite auront une résistance EI30 <u>ou</u> seront en matériau RF1, dans ce dernier cas les gaines techniques seront compartimentées à chaque niveau (fermeture horizontale RF1) <u>ou</u> comblées en matériaux RF1</p> <p>Les gaines seront soit ouvertes en permanence en partie supérieure (5% de la section totale de la gaine), soit remplies sans espaces vides de matériaux de construction RF1 (si les installations techniques qu'elles abritent le permettent), soit séparées horizontalement à chaque niveau au moyen de matériaux de construction RF1</p>
Voies d'évacuation et de sauvetage	<p>La longueur de chacune des voies d'évacuation de ce bâtiment, aboutissant à une voie d'évacuation (verticale) ou à une issue donnant sur l'air libre, est de 35.0 m maximum (yc. les voies d'évacuation situées à l'intérieur d'une unité d'utilisation)</p> <p>Les issues de secours des locaux auront une largeur minimale de vide de passage de 0.90 m et une hauteur libre de 2.0 m. Les portes s'ouvriront dans le sens de fuite.</p>

<b>Construction (suite)</b>	
Voies d'évacuation et de sauvetage (suite)	<p>Les voies d'évacuation verticales et horizontales ont une largeur minimale de passage de 1.20 m et une hauteur de 2.10 m</p> <p>Les escaliers sont constitués de volées droites de 20 marches maximum</p> <p>Les portes des issues de secours seront ouvrables en tout temps dans le sens de la fuite sans recours à des moyens auxiliaires (suivant la SN EN 179)</p> <p><b>Petits commerces :</b></p> <p>La capacité des petits commerces présents au 1<sup>er</sup> sous-sol sera limitée à 50 personnes par magasin (1 sortie de secours)</p>
Évacuation des gaz de combustion	Sans objet
Cours intérieures couvertes, patios, atriums	Sans objet
Façades double-peau	Sans objet

<b>Technique</b>	
Signalisation des voies d'évacuation	<p>Les issues et les voies d'évacuation (y compris à l'intérieur des unités d'utilisation) seront munies d'une signalisation de secours avec éclairage de sécurité</p> <p>Les locaux borgnes seront également munis d'une signalisation lumineuse.</p> <p>Les signaux seront alimentés par une alimentation de sécurité conforme à l'état de la technique.</p> <p><b>Quais et petits commerces :</b> les signaux de secours seront allumés en permanence, aussi longtemps que des personnes seront présentes</p>
Éclairage de sécurité	<p>Un éclairage de sécurité sera installé dans les voies d'évacuation et sur les quais pour assurer un éclairage d'au moins 1 lux, durant au minimum 30 minutes. Sa durée de fonctionnement et sa mise en fonction sera conforme à l'état de la technique</p> <p>Syméo recommande la mise en place d'un éclairage de sécurité dans les locaux techniques borgnes de plus de 30 m<sup>2</sup>; cet éclairage pourrait être assuré par des lampes portatives de sécurité dans les locaux techniques</p> <p>L'éclairage de sécurité sera alimenté par une alimentation de sécurité conforme à l'état de la technique</p>
Dispositifs d'extinction	<p>Il sera installé sur chaque quai du m3 (2<sup>ème</sup> sous-sol):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une borne hydrante (pompiers);</li> <li>• un extincteur portatif</li> </ul> <p>Des extincteurs seront installés dans les locaux techniques, leur agent extincteur sera adapté au risque incendie.</p>

Technique (suite)	
Dispositifs d'extinction (suite)	Une installation d'extinction sèche (agent d'extinction sel de potassium) sera installée dans les locaux électriques nécessaire au fonctionnement du métro et les locaux serveurs
Installations de détection d'incendie	Tous les locaux et les quais seront équipés d'une installation de détection incendie (couverture totale)
Déclencheurs manuels d'alarme	Des déclencheurs manuels d'alarmes sont prévus à chaque niveau, bien visibles dans les voies d'évacuation, près de chaque accès aux escaliers  Un boîtier de couleur verte sera installé à côté du tableau de rappel pompier pour ordonner l'évacuation des petits commerces et des quais
Transmission de l'alarme	Tout dérangement sur l'installation de détection incendie <u>ou</u> toute pression sur un déclencheur manuel transmettra automatiquement une alarme interne/externe. L'alarme externe sera transmise directement à la centrale officielle d'alarme incendie (CTA, Centre de Traitement des Alarmes du canton de Vaud)  Tout dérangement sur l'installation détection incendie devra déclencher un signal visuel et sonore, et transmettra automatiquement une alarme à un poste occupé en permanence
Asservissements	Les éléments suivants seront asservis : <ul style="list-style-type: none"> <li>• sonorisation d'évacuation;</li> <li>• installations aérauliques;</li> <li>• ascenseurs / escaliers roulants;</li> <li>• allumage de la signalisation de secours non allumées en permanence (par exemple les locaux technique)</li> </ul>
Installations d'extraction de fumée et de chaleur	Le volume quai – galerie – escalier sera désenfumé par un système de désenfumage avec preuve de performance, selon la directive AEAI 27-15. Une simulation sera menée afin de donner, entre autres, les caractéristiques de l'installation (désenfumage naturel ou mécanique), son implantation dans le volume, etc. Les hypothèses de désenfumage devront être validée par l'ECA avant le début des simulations
Systèmes de protection contre la foudre	Prescrit, AEAI niveau III
Installations de transport (ascenseurs et monte-charge)	Les ascenseurs reliant plusieurs compartiments coupe-feu seront placés dans des gaines présentant le même degré de résistance au feu que le compartimentage de l'affectation; les parois des gaines s'élèveront jusqu'en toiture  Les portes palières seront en matériaux incombustibles (RF1) et celles qui s'ouvrent directement sur des locaux doivent présenter une résistance au feu E30-RF1  Syméo recommande que tous les ascenseurs du projet soient équipés d'une commande pompiers mettant en route l'asservissement incendie et recommande également que les escaliers roulants soient équipés d'une "marche lente"
Installations thermiques	Sans objet
Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques	Sans objet

Technique (suite)	
Installations aérauliques	<p>La ventilation des locaux technique sera assurées par différents systèmes de ventilation double flux; les monoblocs seront placés dans des locaux spécifiques, en sous-sol.</p> <p>Les prescriptions de la DPI 25-15 seront respectées, notamment pour le compartimentage de ces installations (clapets coupe-feu, calorifugeage, etc.); le montage de clapets coupe-feu n'est pas obligatoire dans les bâtiments administratif lorsque la surface totale des compartiments coupe-feu ventilés ensemble n'excède pas 1 200 m<sup>2</sup> (par conduit de ventilation)</p>
Matières dangereuses	Sans objet
Rétention des eaux d'extinction	Non prescrit

Organisation	
Devoir d'entretien et de contrôle	Contrôles réguliers et entretien des équipements de protection contre les incendies ; tests intégraux à intervalles réguliers des installations techniques nécessaires à la protection incendie
Chargé de sécurité en protection incendie	Nécessaire
Consignes de sécurité incendie	L'affichage de consignes de sécurité à chaque niveau est nécessaire
Dispositif d'alarme par messages sonores	Obligatoire dans toutes les zones ouvertes au public, via un système d'alarme sonore. Un micro sera installé à proximité du tableau de rappel pompier



## 3.5 Descriptions des mesures de protection incendie

### 3.5.1 Généralités

La construction de ce bâtiment se base sur les PPI 2015 pour les mesures de protection incendie à mettre en œuvre.

S'agissant d'un rapport de concept ayant pour but de décrire les mesures de protection incendie à mettre en œuvre pour que le projet soit conforme aux prescriptions légales et aux exigences que se fixe par ailleurs le Maître de l'Ouvrage (MO), les mesures ne sont décrites que dans leur principe, **sans entrer dans les détails techniques de réalisation, lesquels incombent plus particulièrement à l'architecte, aux mandataires spécialisés concernés et à toute entreprise adjudicatrice.**

Le projet sera suivi en phase d'exécution par un responsable de l'assurance qualité en protection incendie. Il aura pour mission de conseiller et de contrôler l'exécution effective des mesures de protection incendie préconisées dans le concept.

Les mesures décrites ci-après apparaissent conceptuellement sur les plans de protection incendie accompagnant le présent document.

Le choix des matériaux et éléments de construction imposés dans le présent rapport (annexe 2) se conformera aux produits homologués (attestation d'utilisation) figurant dans le "Répertoire suisse de la protection incendie", mis en ligne sur le site de l'AEAI.

### 3.5.2 Accès pour les sapeurs-pompiers

L'accès pour les véhicules d'intervention au site se fera par la rue Centrale. Cet accès permettra aux engins de sauvetage des sapeurs-pompiers d'atteindre la façade sud du bâtiment.

Les dimensions des voies de circulations, ainsi que les distances d'accès aux façades seront conformes à la directive CSSP.

Depuis la rue Centrale, deux points d'entrées sont possibles permettant l'accès aux 2 niveaux de sous-sol.

Chaque point de pénétration sera signalé par un feu-flash (feu à éclats) de couleur rouge, posé en façade et visible depuis l'accès des sapeurs-pompiers pour permettre un accès rapide au tableau de rappel de l'installation de détection incendie.

### 3.5.3 Défense incendie extérieure

La défense incendie extérieure est constituée de bornes hydrantes (BH) existantes, dont la suffisance est de la responsabilité de l'ingénieur sanitaire, qui devra régler ce point d'entente avec le commandant des sapeurs-pompiers.

Si des prises d'eau supplémentaires s'avèrent nécessaires, elles seront installées conformément aux prescriptions énoncées par le service communal concerné.

Il est prévu de compléter la défense incendie par des hydrantes sur chaque quai. Leur fonctionnement se ferait selon la figure de la page suivante.

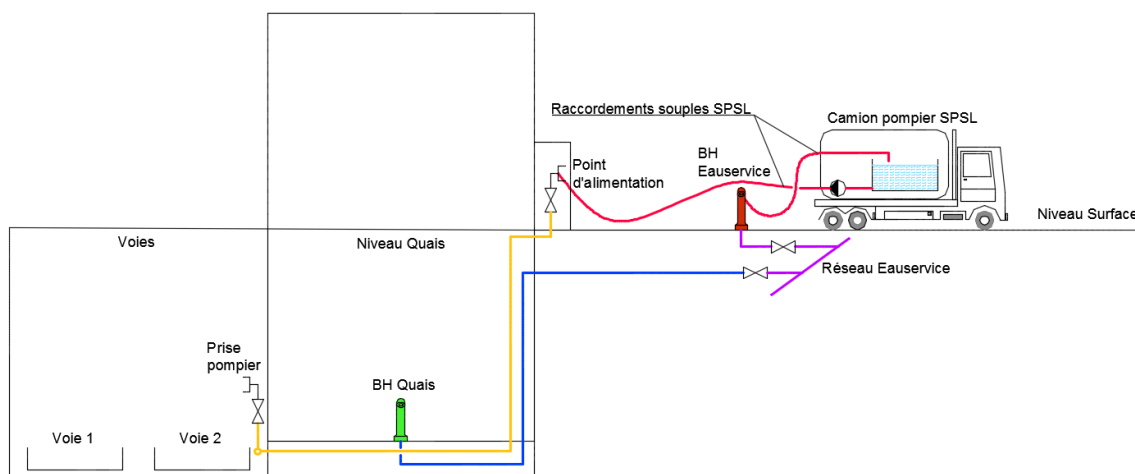


Figure 4 - Principe de raccordement d'un point d'alimentation et principe des bornes hydrantes

### 3.5.4 Mesures constructives

#### Utilisation des matériaux de construction

L'utilisation de tels matériaux est régie par les exigences figurant dans la directive AEAI 14-15. Ces dernières seront impérativement respectées. Les exigences propres à ce projet sont synthétisées dans l'annexe 2 de la présente pièce.

Les matériaux de construction sont classés sur la base d'essais normalisés, réalisés par des laboratoires accrédités, ou d'autres procédures reconnues par l'AEAI; ils ne peuvent être affectés qu'à l'usage en vue duquel ils ont été testés.

L'autorité de protection incendie décide de l'utilisation des produits de construction. À cet effet, elle s'appuie sur les attestations d'essais, certificats et attestations de conformité et de certification accrédités ainsi que le répertoire des attestations d'utilisation AEAI (en ligne sur le site internet AEAI).

#### Enveloppe des bâtiments

Les façades du projet sont prévues perméable à l'air avec un revêtement extérieur incombustible (bardage métallique) complétées par des zones en verre.

#### Toitures

La toiture du projet sera de type 1 avec une dernière couche incombustible en végétalisation extensive ou gravier.

Le classement de réaction au feu des autres matériaux (isolation, étanchéité et sous-toiture) respectera les exigences de la DPI 14-15.

## **Distances de sécurité, systèmes porteurs et compartiments coupe-feu**

### Distances de sécurité incendie

Les exigences prescrites sont respectées, de sorte que la mise en danger du bâtiment et des ouvrages voisins par propagation d'un incendie est fortement limitée.

En effet, les façades des bâtiments voisins sont distantes de plus de 10.0 m des façades des constructions de ce projet.

### Systèmes porteurs et compartiments coupe-feu

La résistance au feu des systèmes porteurs et des éléments de construction formant compartiment coupe-feu est fixée de manière à garantir la sécurité des personnes et la lutte contre le feu, ainsi qu'à empêcher la propagation d'incendies à d'autres compartiments coupe-feu pendant un laps de temps défini.

Pour la détermination de la résistance au feu du système porteur, l'affectation retenue pour ce bâtiment est "locaux recevant un grand nombre de personnes".

Le système porteur et les parties de construction formant compartiment coupe-feu, pour ce bâtiment, présenteront les résistances au feu suivantes :

- R60 pour le système porteur, hormis celui hors sol d'un seul niveau (soumis à aucune exigence) ;
- REI60 pour les voies d'évacuation verticales et les dalles d'étages formant compartiment coupe-feu;
- EI60 pour les parois formant compartiment coupe-feu (niveaux en sous-sol).

### **Sur le plan de protection incendie joint au concept seules les indications sur le compartimentage coupe-feu apparaissent.**

Selon les prescriptions de protection incendie, il faut notamment séparer en compartiment coupe-feu séparés:

- les voies d'évacuation verticales et horizontales;
- les niveaux hors-sol et souterrains;
- les locaux abritant des installations techniques;
- les liaisons verticales telles que les conduits de ventilation et les gaines techniques;
- les locaux qui n'ont pas la même affectation, surtout s'ils présentent un danger d'incendie différent;
- les zones protégées par des équipements de protection incendie;
- chaque local d'affectation non encore définie à ce jour.

**Particularités de l'ouvrage:**

- le volume composé des quais, des cages d'escalier débouchant à l'air libre et de la galerie (hors commerces et bureaux), est un seul compartiment coupe-feu, sans fermeture coupe-feu entre les différentes zones;
- la structure porteuse en béton armée, formant dalle de compartimentage coupe-feu sur les voies sera REI60;
- les parois en verre et la couverture de voie vitrée seront sans résistance au feu, de manière analogue à ce qui est réalisé pour le métro M2.

L'ingénieur civil veillera que **l'enrobage minimal des armatures soit de 20 mm** (norme SIA 262, chiffre 4.3.10).

Concernant les raccords aux éléments de construction contigus, l'architecte et la DT veilleront que :

- les éléments de construction formant compartiment coupe-feu soient reliés entre eux par des raccords résistant au feu;
- les raccords entre les éléments de construction formant compartiment coupe-feu et l'enveloppe du bâtiment soient conçus de manière à être étanches à la fumée et aux flammes en cas d'incendie.

**Fermetures coupe-feu et étanches aux fumées**

Les passages et autres ouvertures pratiqués dans les parties de construction formant compartiment coupe-feu seront obturés par des fermetures de résistance au feu E(I)30(-C) au minimum.

Les fermetures coupe-feu et étanches aux fumées qui doivent être maintenues ouvertes pour des impératifs d'exploitation seront équipées d'un dispositif de fermeture automatique en cas d'incendie.

De la même manière, les portes qui seront maintenues fermées pour des impératifs d'exploitation seront équipées d'un dispositif de déverrouillage automatique en cas d'incendie.

**Ouvertures et trémies de câblage et de tuyaux**

Les ouvertures et les trémies de câblage et de tuyaux ménagées dans des éléments de construction formant compartiment coupe-feu seront obturées de manière à résister au feu pendant au moins 30 minutes.

Ces ouvertures doivent, compte tenu de la dilatation thermique :

- être remplies de matériaux RF1 et étanchés;
- ou être équipées d'un système d'obturation reconnu par l'AEAI de résistance au feu EI30.

Les traversées d'éléments de construction formant compartiment coupe-feu par des tuyaux seront obturées au moyen de calfeutrements (par exemple des manchettes coupe-feu) reconnus par l'AEAI, sauf :

- autour des tuyaux de matériaux RF1;
- aux entrées et sorties de gaines techniques résistant au feu;
- autour des tuyaux uniques dont le diamètre extérieur n'excède pas 120 mm (en fonction de l'affectation, il est admis que la fumée ne représente pas un risque accru pour les personnes);
- dans les installations sanitaires en applique, lorsque les espaces vides sont entièrement remplis de matériaux au moins RF2 résistant à la fusion.

Au franchissement des parois et des planchers formant compartiment coupe-feu, l'isolation thermique des câbles et des tuyaux sera en matériau RF1. À cet égard, les indications figurant sur les attestations AEAJ relatives aux éléments de construction testés et reconnus seront suivies.

Ces travaux d'obturation dans les éléments de construction formant compartiment coupe-feu, seront confiés à une entreprise certifiée pour l'exécution de ce type de travaux.

### Gaines techniques

Les conduits des installations techniques du bâtiment qui passent par plusieurs niveaux seront placés dans des gaines formant compartiment coupe-feu et possédant le même degré de résistance au feu que le compartimentage de l'affectation, à savoir EI60.

Les regards seront fermés par des fermetures coupe-feu de résistance au feu EI30; des couvercles RF1 suffisent, à condition que les gaines techniques soient compartimentées à chaque niveau ou comblées.

Les ouvertures pour le passage des conduits dans les gaines techniques verticales fermées en haut seront calfeutrées à chaque niveau avec des matériaux de construction RF1, sauf :

- lorsqu'elles disposent, dans leur partie supérieure, d'une bouche donnant à l'air libre, ouverte en permanence ou actionnable depuis un endroit sûr, permettant d'évacuer la chaleur et la fumée en cas d'incendie. La section intérieure de l'ouverture correspondra à au moins 5 % de la section totale de la gaine technique;
- lorsqu'elles abritent uniquement des conduites incombustibles.

Il est possible de renoncer à construire une gaine technique si les conduits pour installations techniques sont exécutés dans les conditions du sous-chapitre "ouvertures et trémies de câblage et de tuyaux" ci-dessus.

### **Voies d'évacuation et de sauvetage**

La longueur de chacune des voies d'évacuation de ce bâtiment, aboutissant à une voie d'évacuation verticale ou à une issue donnant sur l'air libre, est inférieure à 35.00 m. Lorsqu'il existe plusieurs sens de fuite, la distance n'excède pas 50 m au total, sans dépasser 35 m dans l'unité d'utilisation.

#### Particularité de l'ouvrage:

Le chemin de fuite depuis les quais jusqu'à l'air libre s'effectue par le volume "quais – galerie – escaliers", assimilé à une voie d'évacuation verticale, les longueurs de fuites prescrites sont donc respectées. En concertation avec l'autorité (ECA), cette situation est jugée acceptable.

Les voies d'évacuation et de sauvetage de ces bâtiments respectent les exigences prescrites :

- les escaliers sont à volées droites et leur largeur minimale, de même que celle des paliers, est de 1.20 m entre les parois ou balustrades;
- la largeur du vide de passage des portes sera de 0.90 m au minimum, à l'exception des portes intérieures de locaux administratifs;

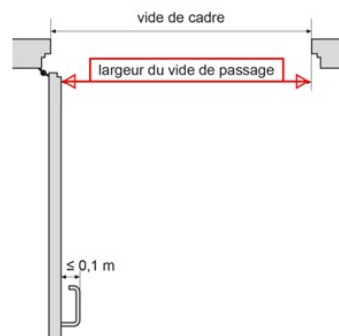


Figure 5 - Largeur du vide de passage des portes

- la hauteur de passage des portes sera de 2.00 m, et la hauteur des voies d'évacuation sera de 2.10 m au moins;
- les portes s'ouvriront dans le sens de fuite, sauf les portes des locaux ne recevant pas plus de 20 personnes, les portes des locaux techniques;
- les portes des locaux électriques doivent s'ouvrir dans le sens de fuite (exigence OIBT);
- les portes des voies d'évacuation s'ouvriront rapidement et en tout temps, sans recours à des moyens auxiliaires (y compris les portes coulissantes automatiques); les forces d'intervention pourront ouvrir les portes des voies de sauvetage depuis l'extérieur.

#### Particularité de l'ouvrage:

- Pour le local à grand nombre de personnes, l'évacuation des quais s'effectuera par des escaliers. Si leur largeur dépasse 2.4m, il n'est pas prévu de les subdiviser à l'aide de mains courantes, afin de ne pas perturber le flux de voyageurs, comme cela se réalise usuellement dans les gares. Les marches isolées sont interdites et les rampes ne doivent pas excéder 6%. La largeur minimale de vide de passage des portes sera de minimum 1.2 m. Leur nombre sera déterminé pour chaque quai en fonction de la capacité du matériel roulant et de la fréquence des métros.

### 3.5.5 Équipements de protection incendie (mesures techniques)

#### Généralités

Les informations contenues dans les chapitres suivants sont d'ordre conceptuel. La conformité de l'exécution des installations de protection incendie reste de la responsabilité des mandataires et des entreprises concernées, en respect des directives et états de la technique reconnus, propres à leur domaine d'activités.

#### Signalisation des voies d'évacuation / éclairage de sécurité

Les issues de secours des voies d'évacuations et des locaux seront rendus clairement reconnaissables par une signalisation de secours munie d'un éclairage de sécurité.

La **signalisation des voies d'évacuation** sera réalisée par des panneaux comportant des symboles et flèches blancs sur fond vert, conformément aux normes reconnues. Les signaux de secours seront éclairés par un éclairage conçu et réalisé comme un éclairage de sécurité. Les dimensions des signaux de secours dépendent de la distance à laquelle ils doivent pouvoir être reconnus, mais ils présenteront une hauteur minimale de 150 mm. Les signaux indiquant les voies d'évacuation et les issues seront placés à hauteur de linteau de portes, transversalement par rapport au sens de fuite.

Pour les quais et les petits commerces, l'éclairage des signaux de secours doit rester allumé en permanence, aussi longtemps que des personnes sont présentes.

Un éclairage de sécurité sera installé dans les voies d'évacuation, ainsi que dans les zones de circulation des locaux. Il sera également installé dans les locaux borgnes.

**L'éclairage et l'alimentation de sécurité** seront conformes à l'état de la technique et conçus, dimensionnés, exécutés et entretenus de manière à être efficaces et prêts à fonctionner en tout temps. L'éclairage de sécurité permettra de parcourir les voies d'évacuation en toute sécurité et de trouver facilement les issues. L'éclairage de sécurité doit s'enclencher selon les prescriptions de l'état de la technique, pour une durée minimum de 30 minutes, dès qu'une perturbation l'alimentation électrique générale survient (50 % de l'éclairement au bout de 5 sec, puis 100 % au bout de 60 sec – SN EN 1838). L'éclairage de sécurité dans les voies d'évacuation doit assurer un éclairement d'au moins 1 lux, au niveau du sol et tout au long du trajet jusqu'à l'air libre.

Des sources d'énergie appropriées, indépendantes de l'alimentation électrique générale, seront mises en œuvre pour l'alimentation de sécurité (p.ex. batteries d'accumulateurs –seules, groupées ou centralisées). Les systèmes d'alimentation centralisés de l'éclairage de sécurité seront répartis en zones (groupes) indépendants, conformément aux normes reconnues.

Des lampes de secours portatives seront disposées dans les locaux techniques dont l'accès est exclusivement réservé au personnel de l'exploitation. Après utilisation, les lampes seront rechargées à l'emplacement prévu.

**Le positionnement des éclairages de sécurité et de la signalisation figurant sur le plan de sécurité accompagnant ce rapport ne sont que conceptuels, ils ne sauraient être pris tels quels pour l'implantation des différents éléments.**



Les plans révisés, comportant toutes les indications relatives à l'éclairage de sécurité et le balisage des issues, de même que le formulaire de déclaration de conformité des installations, seront remis à l'autorité compétente, au propriétaire et à l'exploitant, en fin de chantier.

### **Dispositifs d'extinction**

Sur chaque quai du métro M3, il sera installé une borne hydrante et un extincteur portatif.

Des extincteurs CO<sub>2</sub> seront également installés dans les locaux techniques électriques, dès 30 m<sup>2</sup> de surface au sol.

Les appareils d'extinction seront facilement reconnaissables et accessibles. Si nécessaire, leur emplacement sera signalé par un balisage normalisé, visible de tout côté (pictogramme blanc sur fond rouge). L'implantation des appareils d'extinction ne devra pas entraver les cheminements d'évacuation.

Les appareils d'extinction seront disposés de manière à ce que le trajet à parcourir jusqu'à l'appareil le plus proche n'excède pas 40 m, à proximité des portes donnant accès aux voies d'évacuation verticales.

Les appareils d'extinction seront installés à découvert ou logés à l'intérieur de coffrets. La résistance au feu des parois formant compartiments coupe-feu ne doit pas être affaiblie par l'installation de coffrets encastrés.

### **Installations de détection incendie**

Une installation de détection d'incendie sera implantée dans tous les locaux et les quais. Cette installation détectera automatiquement un début d'incendie, le signalera à l'exploitant, et alertera les personnes en danger ainsi que les forces d'intervention via une transmission de l'alarme externe directement au Centre de Traitement des Alarmes du canton de Vaud.

Cette installation comprendra :

- une centrale de gestion des alarmes et de télétransmission;
- un tableau de rappel (terminal de commande et de signalisation), au rez de chaussée, pour chaque point de pénétration du bâtiment;
- des déclencheurs manuels d'alarme sous vitre à enfoncer (boîtiers de couleur rouge) à environ 150 cm du sol, à proximité des accès aux voies d'évacuation verticales et des issues de secours donnant directement sur l'extérieur;
- des détecteurs ponctuels de fumée et de chaleur placés dans la totalité des compartiments coupe-feu sauf :
  - les gaines techniques non accessibles aux personnes (sans regard de visite) ou sans danger d'activation dû à des appareils de distribution, de commande et de réglage, des armoires de distribution et des installations similaires);
  - les salles d'eau telles que les toilettes, qui n'abritent ni stock ni déchet combustibles;
  - les vides sanitaires dont la charge thermique est nulle, pour autant qu'ils soient séparés des zones adjacentes par des éléments de construction résistant au feu et RF1;

- les espaces vides des faux plafonds et des faux planchers lorsque la charge thermique est inférieure à 50 MJ/m<sup>2</sup> ou qu'elle est supérieure à 50 MJ/m<sup>2</sup>, mais qu'il n'y a pas de danger d'activation lié à la présence de transformateurs, de régulateurs, de moteurs de clapets de ventilation, etc. (la charge thermique doit être calculée en tenant compte des éléments de construction limitant l'espace vide, à l'exception des planchers et des plafonds). Lorsque la charge thermique est limitée localement, inférieure à 100 MJ/m<sup>2</sup> ou à 100 MJ par mètre linéaire, et en l'absence de danger d'activation, une surveillance n'est pas non plus requise;
- dans les espaces vides des faux plafonds lorsque la hauteur, mesurée entre leur bord inférieur et le bord inférieur du plafond brut, ne dépasse pas 0,15 m, ainsi que dans ceux des faux planchers, lorsque la hauteur, mesurée entre leur bord supérieur et le bord supérieur du plancher brut ne dépasse pas 0,2 m;
- des lampes témoins aux entrées des locaux à surveiller, ainsi que vers les faux planchers ou faux plafonds afin de permettre aux sapeurs-pompiers de localiser en tout temps, rapidement et sans ambiguïté le foyer de l'incendie. Des exceptions seront possibles selon directive 20-15 art. 3.7.4.

La centrale de gestion interne des alarmes asservira automatiquement (une matrice des asservissements incendie sera à établir dans le cadre de ce projet par le mandataire spécialisée), en cas d'alarme confirmée, entres autres :

- les feu-flash situés en façade signalant les points de pénétration des sapeurs-pompiers;
- l'installation de sonorisation d'évacuation;
- le retour des installations de transport au rez-de-chaussée et le passage des escaliers roulants en "mode incendie";
- les clapets coupe-feu avec l'arrêt simultané des monoblocs d'extraction et de pulsion relatifs
- l'allumage de la signalisation de secours, non allumé en permanence (par exemple les locaux techniques).

Les exigences relatives à l'étude, à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien des installations de détection d'incendie sont décrites dans les spécifications techniques des fabricants, reconnues par l'AEAI et de la responsabilité de l'ingénieur en électricité et de l'installateur. L'attestation de conformité sera remise à l'autorité au terme de la réception de cette installation.

Les formulaires «Examen préliminaire d'installations de détection d'incendie», «Annonce d'installations détection d'incendie» et "attestation d'installation de détection d'incendie " de l'AEAI doivent être complétés par une entreprise de détection incendie reconnue par l'AEAI et remis à l'autorité de protection incendie.

**Le positionnement des détecteurs de fumée et des déclencheurs manuels incendie figurant sur les plans de sécurité accompagnant ce rapport n'est que conceptuel, il ne saurait être pris tel quel pour l'installation définitive.**

## Installations d'extraction de fumée et de chaleur

### Cages d'escaliers, quais, galerie

Le volume composé des voies d'évacuation verticales, des quais, de la galerie (hors commerces et locaux techniques) seront, dans leur partie supérieure, en liaison directe sur l'extérieur (façade grillagée à grosses mailles ou grandes ouvertures pour permettre la sortie du flux de personnes). Ce volume aura un désenfumage naturel, dont les ouvertures seront ouverte en tout temps afin d'assurer un renouvellement d'air (pas d'asservissement à la détection incendie). Pour apprécier la qualité de ce désenfumage, une simulation sera menée, selon la directive AEA1 27-15, méthodes de preuves en protection incendie.

## Systèmes de protection contre la foudre

Tous les bâtiments à construire seront équipés d'un système de protection contre la foudre composée de dispositifs de protection extérieure contre les impacts de foudre et d'une liaison équipotentielle. Le niveau de protection sera minimum AEA1 III.

Les exigences détaillées relatives à l'étude et à l'exécution de ces installations sont décrites dans l'état de la technique, reconnu par l'AEA1, qui se compose notamment des recommandations d'Electrosuisse SN SEV<sup>24</sup> 4022 et 4113.

L'installation sera approuvée, avant travaux, par l'autorité compétente, à laquelle une attestation de conformité des installations sera remise au terme de l'exécution de ces travaux.

### 3.5.6 Installations techniques du bâtiment

#### Installations de transport

Les ascenseurs qui desservent plusieurs compartiments coupe-feu distincts, seront placés dans des gaines présentant une résistance au feu EI60 pour les niveaux enterrés.

Les portes palières des ascenseurs donnant dans une voie d'évacuation (quais et galerie) seront construites en matériau RF1.

Les cabines d'ascenseurs seront réalisées en matériau RF1. Des matériaux RF2 sont admis pour les revêtements du sol, des parois et du plafond.

Toute installation étrangère aux ascenseurs sera interdite dans la gaine de l'ascenseur. Les revêtements intérieurs seront en matériaux RF1.

L'ascenseur sera asservi à l'installation de détection incendie qui permettra de ramener les cabines au niveau de pénétration des sapeurs-pompiers (portes des cabines ouvertes ou déverrouillées).

---

<sup>24</sup> Association suisse des électriciens

## Installations aérauliques

Les locaux techniques de la gare seront équipés de ventilation mécanique contrôlée double flux.

Le plan de ventilation et le concept de protection incendie seront harmonisés de telle sorte qu'en cas d'incendie, le feu ou la fumée ne se propagent pas de manière incontrôlée à l'intérieur ou à l'extérieur des installations aérauliques. Les voies d'évacuation devront rester libres de fumée en tout temps.

Les installations aérauliques (ventilation-conditionnement d'air) tiendront compte des exigences de la directive AEA1 25-15 et en particulier des points suivants :

- les monoblocs et ventilateurs qui ne servent à alimenter qu'un seul groupe de compartiments coupe-feu ventilés ensemble pourront être installés dans n'importe quel local, sur le plan de la conception et de l'aménagement;
- les monoblocs et ventilateurs servant à alimenter plusieurs groupes de compartiments coupe-feu seront installés dans un local de résistance au feu EI60 (niveaux enterrés) et portes EI30;
- les filtres et les silencieux seront composés de matériaux RF3;
- les conduits de ventilation, les appareils de conditionnement d'air, les ventilateurs et les couches d'isolation thermique des conduits de ventilation seront construits en matériaux RF1;
- les suspensions et fixations des conduits de ventilation seront construites en matériaux RF1, à l'exception des composants tels que les amortisseurs de vibrations et les éléments analogues; elles seront construites de manière à garantir une fixation sûre des conduits de ventilation pendant la durée de résistance au feu requise;
- les conduits de ventilation qui traversent sans ouverture d'autres compartiments coupe-feu, ou ventilés, ou dont les bouches de sortie se trouvent à l'étage supérieur ou inférieur doivent présenter une résistance au feu EI30 (EI60 dans les niveaux enterrés); dans les sas ou les voies d'évacuation verticales, ils seront exécutés ou revêtus de manière à présenter une résistance au feu EI60, ou équipés de clapets coupe-feu pour les compartiments coupe-feu ventilés ensemble;
- les conduits de ventilation seront obligatoirement équipés de clapets coupe-feu, de résistance au feu EI30-S, aux endroits suivants :
  - aux franchissements des parois et planchers formant compartiment coupe-feu;
  - dans les conduits, dépourvus d'ouverture, qui traversent d'autres compartiments coupe-feu ventilés ensemble et ne présentent pas la résistance au feu exigée.

- cependant, le montage de clapets coupe-feu n'est pas obligatoire :
  - lorsque plusieurs compartiments coupe-feu sont ventilés ensemble, sous réserve des dispositions du concept de protection incendie reposant sur les mesures de construction;
  - dans les bâtiments administratifs lorsque la surface des compartiments coupe-feu ventilés ensemble n'excède pas 1 200 m<sup>2</sup>;
  - dans les installations de ventilation des salles d'eau;
  - lorsque les conduits de ventilation restent séparés jusqu'à la centrale de ventilation;
  - entre les centrales de ventilation et les gaines techniques;
- le réseau de ventilation des voies d'évacuation formant compartiment coupe-feu sera séparé des autres installations aérauliques. Sinon il faudra poser des clapets coupe-feu au franchissement des parois fermant le compartiment. La ventilation des voies d'évacuation aura lieu séparément à chaque niveau. Cette séparation sera réalisée par des clapets coupe-feu, par des réseaux de conduits distincts ou par des installations aérauliques distinctes.

### 3.5.7 Mesures organisationnelles

#### Règles de prévention des incendies

Les propriétaires et les utilisateurs sont responsables du fait que soient prises toutes les mesures nécessaires, sur le plan de l'organisation et du personnel, pour garantir une sécurité incendie suffisante.

La prévention incendie sera assurée notamment par des mesures organisationnelles, telles que :

- le dégagement des voies d'évacuation et de sauvetage;
- l'ordre irréprochable sur le plan de la technique de protection incendie;
- les contrôles périodiques de l'exploitation;
- la correction des défauts.

Le personnel sera informé et instruit, par le MO ou l'exploitant, sur les dangers d'incendie spécifiques dans l'exploitation, sur les équipements de protection incendie mis en place et sur le comportement à adopter en cas d'incendie.

#### Devoir d'entretien et de contrôle

Les équipements de protection incendie seront régulièrement contrôlés pour vérifier qu'ils sont opérationnels et en assurer l'entretien. Les contrôles et les opérations d'entretien seront consignés.

Les équipements techniques nécessaires à la protection des personnes et des biens feront l'objet de tests intégraux effectués à intervalles réguliers.

### **Chargé de sécurité en protection incendie**

La présence d'un chargé de sécurité est nécessaire étant donné que la gare abrite des locaux destinés à recevoir plus de 300 personnes.

De plus la survenance d'un incendie dans ce bâtiment entraînera la mise en marche d'un vaste ensemble de dispositifs et d'équipements de protection incendie (éléments constructifs et équipements techniques).

Le chargé de sécurité veillera à la sécurité incendie dans le cadre des prescriptions applicables et de son cahier des charges. Il lui incombera de vérifier que les dispositions relatives à la construction, aux équipements de protection incendie et à l'organisation ont été prises et restent appliquées.

Il prendra part à la conception et à l'exécution des projets de construction liés à la gare du Flon et veillera à ce que les exigences de la protection incendie soient remplies, sur le plan de la construction comme sur celui des équipements de protection incendie.

Il sera doté des compétences et des moyens indispensables à l'accomplissement de sa mission, et possèdera les qualifications nécessaires. Sa mission, ses attributions et son rôle seront définis dans un cahier des charges, en fonction des caractéristiques de l'exploitation.

### **Dispositif d'alarme par messages sonores**

Un dispositif d'alarme sonore sera prévu pour permettre la diffusion simultanée d'un message parlé ou enregistré dans tous les locaux accessibles au public. Ce dispositif sera également installé dans les zones ouvertes au public des petits commerces.

La mise en marche de cette installation se fera par un bouton poussoir (de couleur verte) situé à proximité de chaque tableau de rappel de l'installation de détection incendie. Cette installation sera également asservie à la détection incendie. Un micro sera à disposition des pompiers au tableau de rappel de l'installation de détection incendie.

Cette installation technique fera partie de l'organisation d'évacuation mise en place par l'exploitant.

## Organisation de la sécurité incendie

Une organisation de protection appropriée sera prévue. L'alerte et l'intervention rapides des sapeurs-pompiers nécessitent que des mesures appropriées soient prises sous forme de concepts d'alarme et d'intervention.

Un plan de sécurité incendie approprié sera établi. Ce plan comprendra entre autres les mesures qui consisteront à :

- alerter les sapeurs-pompiers;
- avertir les personnes en danger et les évacuer;
- ouvrir les voies d'accès pour les sapeurs-pompiers;
- prendre les mesures pour retarder la propagation du feu (en fermant les portes, p. ex);
- lutter contre le feu.

## Consignes en cas de sinistres

Il doit exister des consignes claires sur le comportement à adopter en cas d'incendie et sur les modalités d'alarme incendie. Ces consignes seront formalisées et affichées aux endroits appropriés. Les sapeurs-pompiers doivent être associés à l'élaboration de ces consignes. Le service de la police du feu peut demander qu'une information complémentaire ou particulière en matière de prévention et de sécurité incendie soit remise au personnel.



### 3.6 Preuve de performance du concept de désenfumage

#### 3.6.1 Objectifs

Les prestations prévues dans le cadre de la réalisation de la pièce K13 de la PAP incluent des preuves de performance permettant d'évaluer les conditions d'évacuation des usagers dans l'ensemble du périmètre des zones ouvertes au public de la station Flon (y compris LEB, m1, m2) en cas de situations de risque spéciales sur les quais. En ce sens, des simulations de désenfumage seront réalisées. Celles-ci doivent permettre de:

- Démontrer les conditions sécuritaires en cas de situations de risques spéciales sur les quais
- Évaluer la nécessité de la mise en place d'une installation de désenfumage mécanique

Ce chapitre décrit les des hypothèses retenues pour les simulations de désenfumage. Celles-ci ont fait l'objet d'une approbation par l'ECA Vaud. Les résultats des simulations seront intégrés ultérieurement.

#### 3.6.2 Présentation du logiciel

##### Logiciel CFD

Le logiciel de simulation numérique utilisé est le programme Fluent version 18.1 développé par ANSYS.

##### Principe de la modélisation physique

L'écoulement est considéré à faible vitesse, instationnaire, pour lequel la convection thermique est importante. Le fluide est approximé comme un gaz parfait. Les équations résolues sont les équations de Navier Stokes. Les turbulences sont modélisées selon la méthode RANS.

Les dérivées des équations de conservation de la masse et de la quantité de mouvement sont approximées avec la méthode des volumes finis. La solution est mise à jour en temps sur un maillage tridimensionnel.

#### 3.6.3 Hypothèses sur le désenfumage

##### Conditions générales

Les conditions ambiantes sont :

- température ambiante extérieure : 25°C (percentile 95 annuel en journée);
- température ambiante sous-sol station Flon : 20°C (estimation);
- pression : 953 hPa (moyenne annuelle);
- gravité : 9,81 m2/s.
- vent (voir §Influence du vent)

##### Système de désenfumage

La simulation de désenfumage portera sur la configuration projetée. Celle-ci considère un désenfumage naturel passif via les ouvertures situées entre les différents niveaux (escaliers, etc.).

Les aménagements d'air naturels peuvent être réalisés via les liaisons en surface. Des ouvertures sont également présentes sur le long du tunnel du LEB côté Ouest. Celles-ci peuvent également permettre une aménagement d'air naturelle, ou d'évacuation des fumées en fonction du lieu de l'incendie.

Une couverture est prévue au-dessus de la nouvelle sortie vers la place de l'Europe. La configuration de cette couverture est inconnue à l'heure actuelle (le projet fera l'objet d'un concours), mais un certain pourcentage d'ouverture devra être assuré. Une couverture simplifiée sera prise en compte dans les simulations et les surfaces d'ouvertures nécessaires pourront être imposées comme contraintes au niveau du concours.

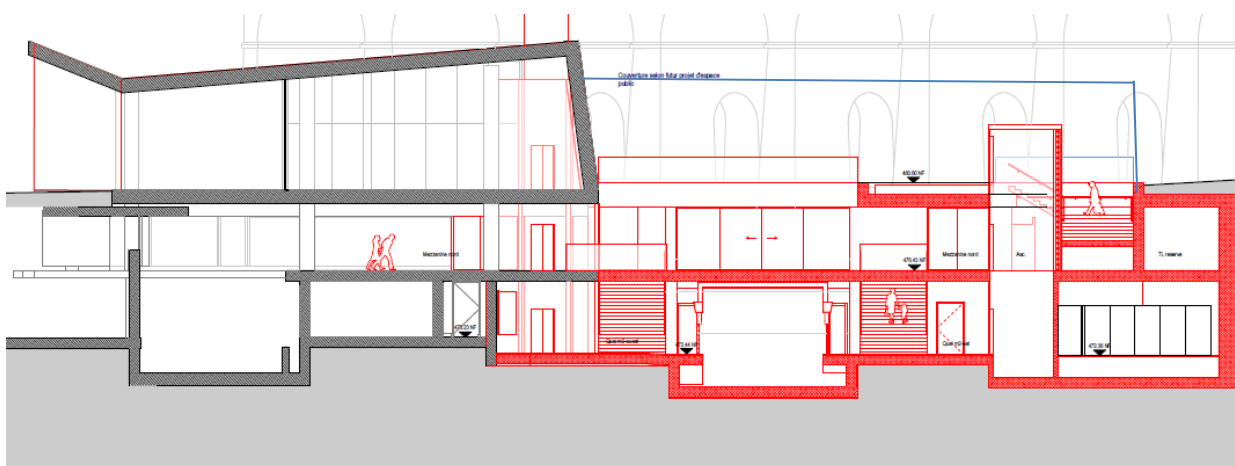


Figure 6 – Illustration de la couverture au niveau de la sortie place de l'Europe (en attente de projet connexe, bleu)

Les tubes pour les métros m2 et m3 sont pourvus d'un système de désenfumage dédié. Cette ventilation n'est pas activée dans le cas d'un feu en station, sur la zone des quais. Les tubes métro et la zone des quais sont séparés aérauliquement par les façades de quais (portes palières). Un écoulement entre ces deux zones peut cependant être généré lors de l'ouverture des portes palières (métro à quai). Le scénario de ventilation prévu en tunnel en cas de feu de rame au niveau de la station Flon Est prévoit les événements suivants:

- Activation du puits Montbenon en extraction;
- Activation des accélérateurs au Sud du puits Montbenon en poussée Nord, et accélérateurs au Nord de la station Flon Est en poussée Sud;
- Evacuation des personnes par la station Flon Est;
- L'appel d'air frais permettant l'extraction des fumées par le puits peut être réalisé par les portes palières ou alors au niveau de l'arrière-gare de la station Flon selon pièce K11.

La figure suivante décrit le système prévu pour la ventilation tunnel.

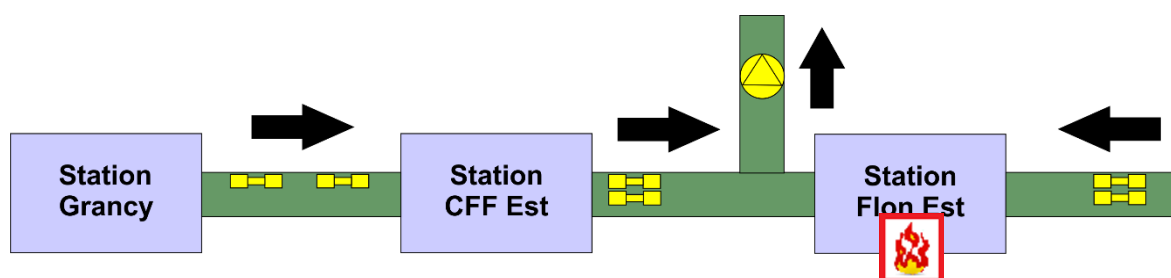


Figure 7 – Stratégie de ventilation tunnel en cas de feu de rame arrêtée au niveau de la station Flon Est

Une vitesse moyenne de 1.9 m/s à travers les portes palières ouvertes côté rame incendiée est obtenue avec les équipements suivants (cf. Pièce K11 §5.2.9 [25]).

GRA		CFF		Puits Montbenon		FLOE	
	2 accélérateurs		2 accélérateurs	-200 m³/s			2 accélérateurs

Dans des issues de secours (galeries ou cages d'escaliers), une vitesse moyenne de l'air située entre 1 et 2 m/s au travers de la section libre des portes donnant sur une zone sinistrée est recommandée par plusieurs sources (recommandation ECA [22], directive OFROU [23]), afin de garantir la non-propagation des fumées dans l'issue.

### Influence du vent

Dans le but de prendre en compte les conditions climatiques sur le tirage thermique sur l'évacuation des fumées, l'influence du vent sera considérée dans les simulations.

La rose des vents présentée ci-dessous est issue des données l'office fédéral suisse de l'énergie [11]. Celle-ci indique les caractéristiques des vents dans la zone du quartier du Flon à 50m de hauteur, selon une distribution annuelle. Ces données sont issues d'une modélisation.

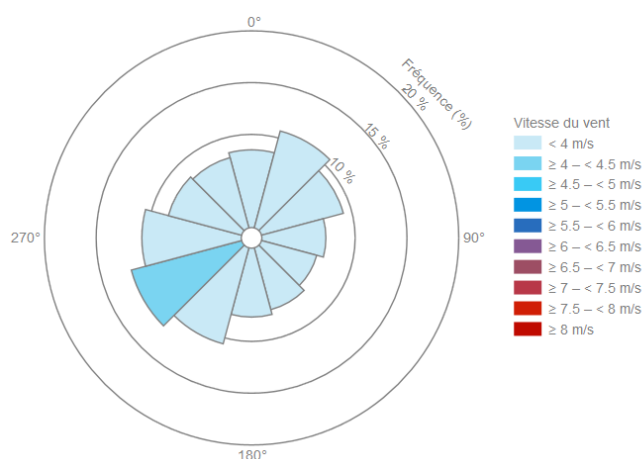


Figure 8 : Rose des vents (Office fédéral de l'énergie [11])

Une répartition équilibrée de la direction des vents à 50 m du sol est observée. Cette répartition doit cependant être prise avec précautions pour l'extrapolation au niveau du sol, en raison de la configuration du quartier du Flon et de l'emplacement des liaisons aérauliques vers la station souterraine. En effet, la Place de l'Europe est située dans la vallée du Flon et entourée de bâtiments élevés.

Compte tenu de l'orientation générale de cette vallée (Figure 9), les vents majoritairement observés au niveau de la Place de l'Europe suivent le tracé de la Rue Centrale (Nord-Est à Ouest).



Figure 9 : Altimétrie au niveau de la vallée du Flon (emplacement de la station Flon indiqué par cercle rouge)

La figure suivante présente les ouvertures en façade pour l'accès et la ventilation naturelle de la station (trait vert). Les lignes en rose correspondent aux façades des bâtiments, et les zones en bleu indiquent les ouvertures vers le niveau inférieur de la station.

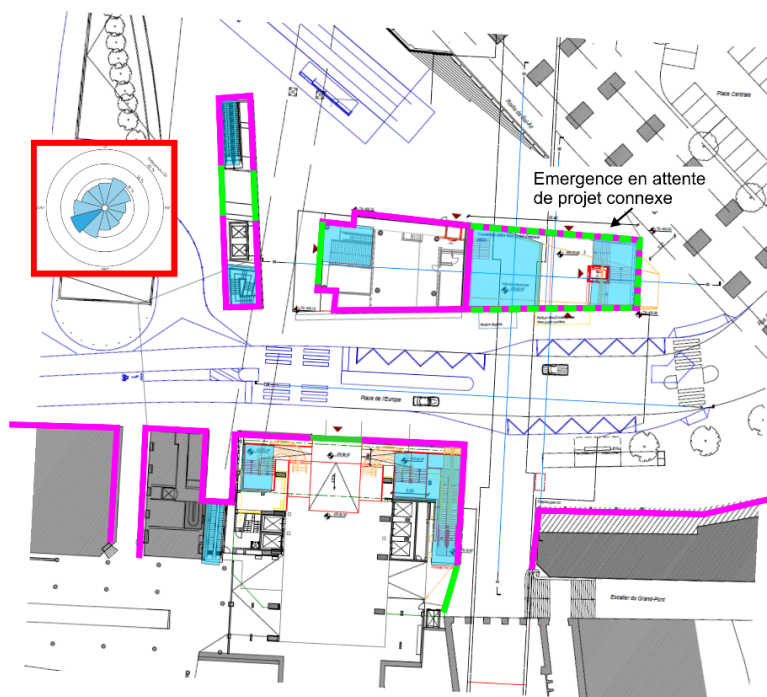


Figure 10 : Mise en évidence des ouvertures dans les façades extérieures de la station

En considérant l'orientation de ces ouvertures, un écoulement en provenance du Nord-Est serait plus contraignant pour le désenfumage qu'un vent provenant de l'Ouest. En effet, un vent de secteur NE engendre une contrepression sur les ouvertures du bâtiment côté Montbenon (abritant le m1) et influence l'écoulement au-dessus de la future sortie pour le m3 (couverture selon projet en attente).

Un vent de secteur Nord-Est est ainsi retenu dans le cadre de cette étude (situation de Bise).



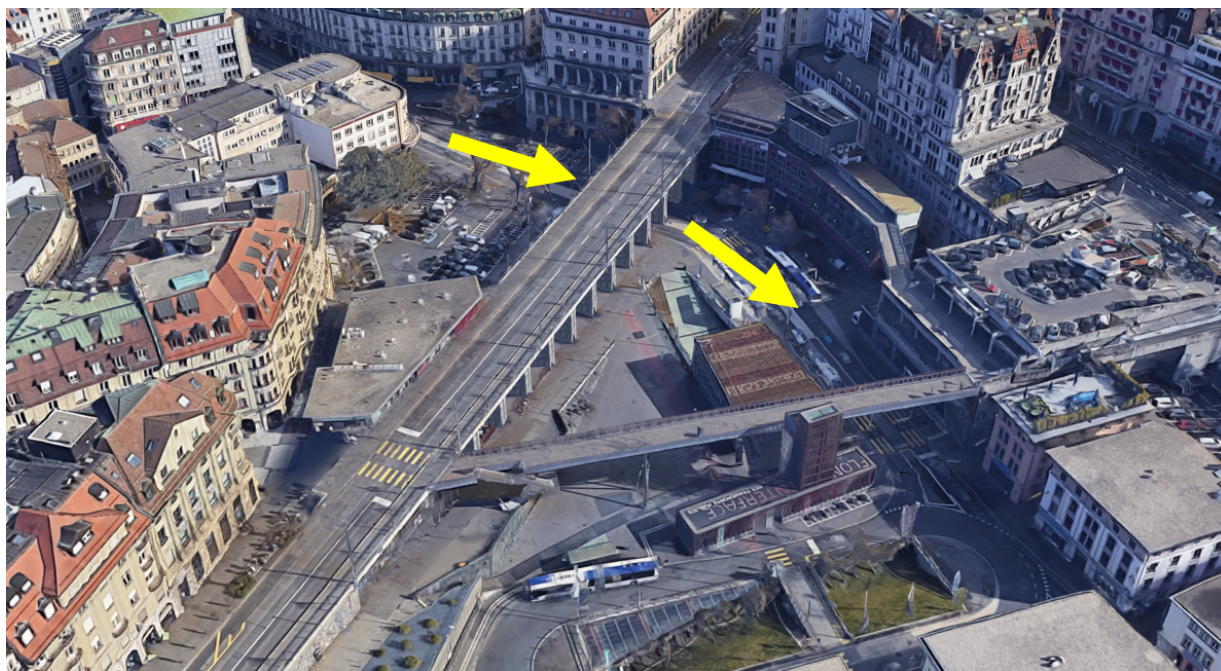


Figure 11 : Direction du vent et vue 3D de la place de l'Europe

La vitesse retenue est basée sur la vitesse moyenne de la rose des vents (Figure 8), soit 4m/s à 50m du sol. Un profil logarithmique en fonction de la hauteur est généralement considéré comme approximation du vent selon la formule suivante:

$$= \frac{\ln \frac{h}{h_0}}{\ln \frac{h}{h_0}}$$

Une longueur de rugosité de 0.6 est retenue pour le calcul de la vitesse du vent, compte tenu de la configuration (grande ville avec bâtiments à proximité de la station). Considérant une vitesse de 4m/s à 50m de hauteur à partir du sol, la vitesse obtenue à 3m du sol est de 1.45 m/s.

Le vent sera modélisé par une condition de vitesse sur les limites du domaine de calcul. Les caractéristiques du vent retenues seront les suivantes:

- Direction du vent : 60°
- Vitesse du vent : 1.5 m/s

### Volume aéraulique

Le volume aéraulique qui sera considéré dans la simulation correspond à l'ensemble formé par les quais desservant les différentes lignes de la station Flon (m2, m3, LEB). Les locaux techniques de la station et le shop au niveau de la galerie ne sont pas compris dans le volume aéraulique, ceux-ci étant compartimenté coupe-feu.

Les liaisons entre les quais et les tunnels LEB / métro sont différentes, en fonction de la ligne de transport public.

- La station Flon de la ligne du LEB n'est pas aérauliquement indépendante du tunnel du LEB;

- Des façades de quai assurent la séparation entre les quais des lignes m2 et m3 et les tunnels métro. Aucune liaison aéraulique n'est ainsi présente, sauf en cas d'ouvertures des portes palières. Ces dernières ne s'ouvrent que lors de la présence d'un métro à quai. Dans cette situation, des connexions aérauliques sont présentes, bien que limitées par l'obstruction générée par le métro.

Les figures suivantes présentent les limites du volume aéraulique qui sera considéré dans la simulation (en rouge) ainsi que les liaisons entre les différents niveaux (en bleu).

Compte tenu de la présence des façades de quai pour les lignes m2 et m3, les liaisons aérauliques entre les quais Est et Ouest de chaque métro seront limitées aux escaliers d'accès. Des simplifications pourront ainsi être apportées au modèle, en fonction de la position retenue pour le foyer.



Figure 12 : Volume aéraulique niveau -2



Figure 13 : Volume aéraulique niveau -1

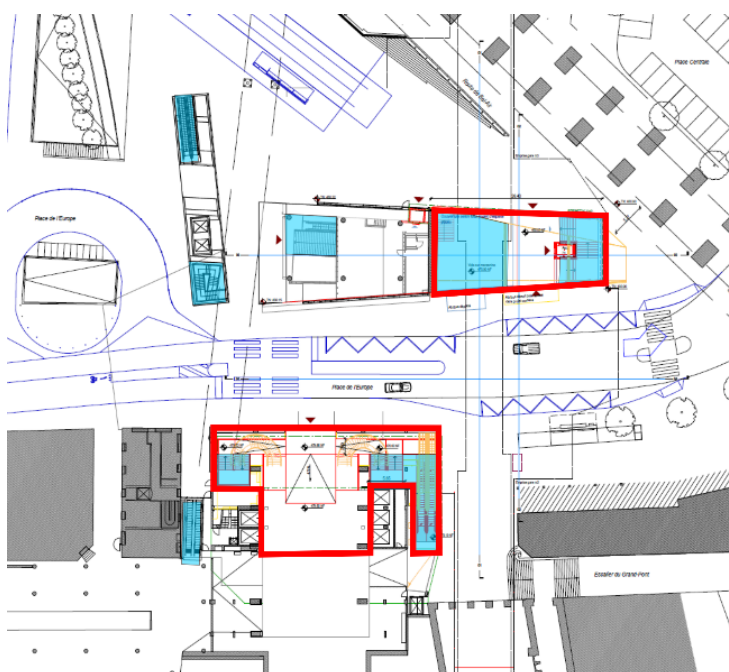


Figure 14 : Volume aéraulique niveau 0

### Charges thermiques

Les seules charges thermiques en présence dans la zone des quais m2-m3, hormis les rames de métro, sont des panneaux publicitaires et distributeurs de boissons ou de billets. Un espace de vente (kiosque) est également prévu dans le cadre du projet, cependant isolé du reste de la station par une fermeture coupe-feu.



## Scénario d'incendie

Au regard des charges thermiques en présence, deux types de scénarios sont analysés, un feu de rame stationnée à quai et un incendie localisé dans la zone des quais. Les caractéristiques des deux types de scénarios sont résumées dans le tableau suivant:

Scénario Incendie	Feu de rame	Feu de distributeur
Phasage des événements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>t=0min</u> : Début de l'incendie, rame en circulation</li> <li>• <u>t=2min</u> : - Début de la simulation - Arrivée à quai; - Notification de l'incendie à l'opérateur.</li> <li>• <u>t=4min</u> : - Activation de l'alarme en station; - Début de l'évacuation; - Propagation des fumées vers la station.</li> <li>• <u>t=5min</u> : Ventilation tunnel à plein régime, aspiration des fumées vers le Puits Montbenon.</li> <li>• <u>t=10min</u> : Incendie à régime.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>t=0min</u> : - Début de la simulation - Début de l'incendie</li> <li>• <u>t=2min</u> : - Détection de l'incendie; - Arrivée des passagers des rames.</li> <li>• <u>t=4min</u> : - Alarme en station; - Début de l'évacuation.</li> <li>• <u>t=10min</u> : Incendie à régime.</li> </ul>
Puissance maximale de l'incendie (MW)	10 [24]	0.750 [12]
Temps d'atteinte de la puissance maximale (min)	20 [24]	10 [12]
Taux de suies (%)	10	5
Effets limitant la propagation des fumées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Influence de la pente (avant activation ventilation tunnel):</u> Le tunnel de la ligne m3 au niveau de la station Flon étant en pente (2.98%), seule une partie des fumées se propage vers la station, le reste se propageant par effet cheminée vers le Sud avant l'activation de la ventilation du tunnel</li> <li>• <u>Influence des portes palières:</u> Un effet cheminée des fumées dans le tunnel est susceptible de créer un appel d'air à travers les portes palières lors des 1<sup>ère</sup> minutes de l'incendie (cf. rapport des simulations gare CFF Ouest [26]), limitant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun effet limitant la propagation des fumées</li> </ul>

	<p>ainsi la propagation des fumées vers les quais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Influence de la ventilation tunnel:</u> À partir de 3 minutes la ventilation tunnel va permettre de garantir la non-propagation des fumées vers les quais.</li> </ul>	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

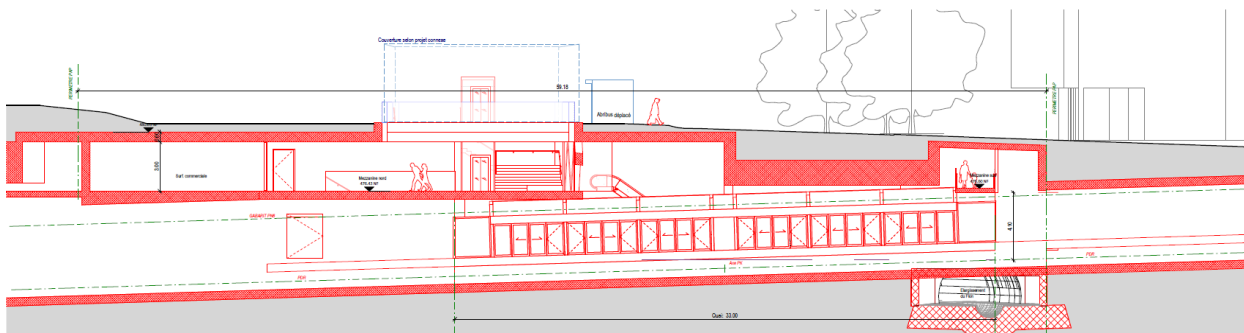


Figure 15 : Coupe longitudinale de la station Flon. Le tunnel du m3 présente un dénivelé de 2.98%.

Étant donné le caractère temporaire et partiel de la propagation des fumées vers les quais dans le cadre du scénario d'incendie de rame, le choix des scénarios d'incendie se porte prioritairement sur le deuxième cas étudié (feux dans la zone des quais).

Deux scénarios défavorables seront considérés dans le cadre de cette étude. Ces scénarios seront localisés dans la zone des quais de la ligne m3, ces zones accueillant un grand nombre de personnes. Ces scénarios sont décrits dans les paragraphes ci-dessous.

Par ailleurs, en ce qui concerne un scénario de rame, une simulation supplémentaire sera vraisemblablement réalisée pour conforter l'analyse présentée ci-avant.

### Scénario 1

Ce scénario prévoit le développement d'un incendie au niveau d'un distributeur de boissons situé au niveau de la zone des quais commune entre les lignes m2 et m3.

Cette zone est susceptible d'accueillir un nombre important de personne, celles-ci empruntant également des issues communes en cas d'évacuation.

La position de l'incendie est présentée dans la figure ci-dessous. Les parties du domaine de calcul qui feront l'objet d'une simplification sont marquées en traitillé bleu.

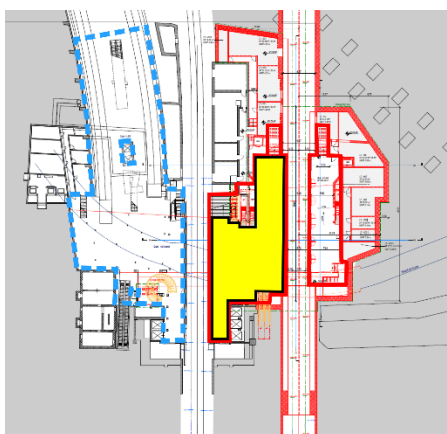


Figure 16 : Zone des quais commune des lignes m2-m3

Compte tenu de la charge thermique en présence, un scénario d'incendie de type réfrigérateur est retenu. La courbe de développement du feu est basée sur le scénario d'affectation "Restaurant, cafétéria" selon la VSICC [12].

Les caractéristiques de l'incendie sont présentées ci-dessous:

- Puissance maximale .....750 kW
- Coefficient de montée en puissance alpha .....0.0333 kW/s<sup>2</sup>
- Montée en puissance quadratique .....  $P=\alpha \cdot t^2$
- Puissance maximale atteinte en ..... 150 s
- Aucune atténuation des courbes de puissance de feu
- Production de fumée ..... 5%
- Chaleur de combustion ..... 25 MJ/kg
- Puissance spécifique .....500 kW/m<sup>3</sup>
- Volume impliqué .....1.5 m<sup>3</sup>

La courbe de développement de l'incendie est présentée ci-dessous.

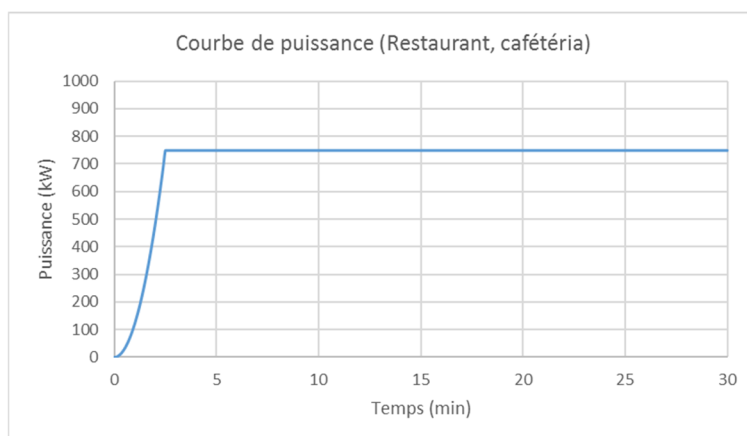


Figure 17: Courbe de puissance d'incendie

## Scénario 2

Un deuxième scénario d'incendie sera simulé afin de tester la sensibilité du concept de désenfumage prévu, sur demande de l'ECA lors de la séance du 17.04.2019. Ce scénario prévoit le développement d'un incendie à faible dégagement de chaleur et à dégagement de fumées élevé. Celui-ci est localisé au niveau de la zone des quais Est de la ligne m3.

La position de l'incendie est présentée dans la figure ci-dessous. Les parties du domaine de calcul qui feront l'objet d'une simplification sont marquées en traitillé bleu.



Figure 18 : Zone des quais Est ligne m3

La courbe de développement du feu est basée sur le scénario d'affectation "Incendie à faible énergie de dégagement de fumées élevée" selon la VSICC [12].

Les caractéristiques de l'incendie sont présentées ci-dessous:

- Puissance maximale ..... 100 kW
- Développement de la puissance ..... Linéaire
- Puissance maximale atteinte en ..... 300 s
- Aucune atténuation des courbes de puissance de feu
- Production de fumée ..... 10%
- Chaleur de combustion ..... 10 MJ/kg
- Puissance spécifique ..... 50 kW/m<sup>3</sup>
- Volume impliqué ..... 0.5 m<sup>3</sup>

La courbe de développement de l'incendie est présentée ci-dessous.

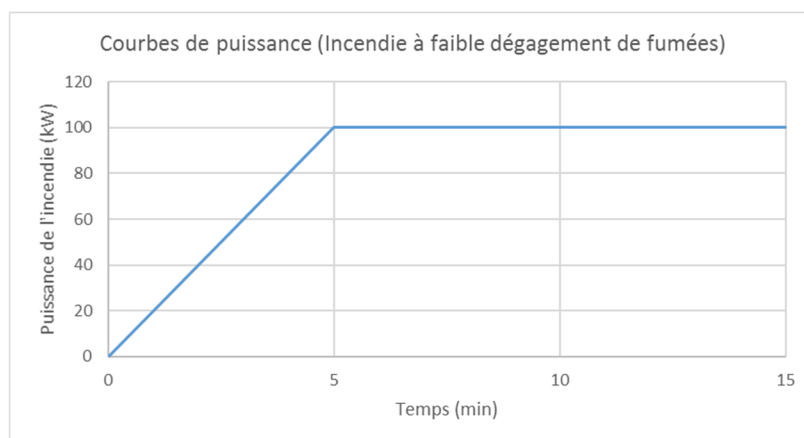


Figure 19: Courbe de puissance d'incendie

### Objectifs de protection

L'objectif des simulations est de déterminer les conditions d'évacuation pour les usagers évacuant dans la station Flon (m2, m3 et LEB).

Selon la VSICC [12], un temps objectif d'évacuation (RSET) correspondant au temps nécessaire à la mise en sécurité de tous les occupants est estimé à 15min.

Des simulations d'évacuation pourront éventuellement être réalisées afin d'affiner l'évaluation de ce temps objectif.

Les objectifs relatifs aux simulations de désenfumage sont déterminés sur la base des directives AEAI [9] et VSICC [12]. La température et la concentration de fumées doivent rester inférieures aux valeurs limites décrites ci-dessous, à une hauteur de 2.5m au-dessus la zone accessible aux passagers.

- Température des gaz  $\leq 50^{\circ}\text{C}$
- Coefficient d'extinction  $\leq 0.20 \text{ m}^{-1}$

Couche de fumées:

- Température des gaz  $\leq 200^{\circ}\text{C}$

Une attention particulière sera portée aux conditions de température et de toxicité sur les voies d'évacuation et à proximité des issues de secours.

### 3.7 Modifications de projet apportées après autorisation de construire

Toute modification de projet, survenant après la délivrance du permis de construire et de la détermination (préavis) émise par l'autorité compétente, (rédigée sur la base du présent rapport), et qui influence directement ou indirectement les dispositions constructives ou techniques de protection incendie fixées dans celui-ci, devra obligatoirement faire l'objet d'une demande d'autorisation complémentaire, accompagnée d'un addenda au présent rapport, et faire l'objet d'une présentation éventuelle de ces compléments à l'inspecteur en charge du dossier à l'autorité.

### 3.8 Conclusions

Les précédents chapitres concernant la prévention et de protection contre les incendies relatif au projet de la construction de la gare du métro M3 au flon à Lausanne ont pour but de lister, de façon conceptuelle, les mesures constructives, techniques et organisationnelles de prévention contre les incendies à mettre en œuvre pour tendre à assurer la sécurité des occupants et des biens, en adéquation avec la norme et les directives AEAI 2015 ainsi que les règlements du canton de Vaud.

Ce concept de protection est établi à l'attention du Maître de l'Ouvrage et de ses mandataires chargés de la planification et de la réalisation de l'ouvrage. Les plans du dossier PAP sont établis en fonction des exigences figurant dans le présent rapport et portent les indications y relatives. Le concept de protection incendie est à joindre en annexe à la demande PAP, afin que les autorités compétentes puissent s'y référer pour rédiger leurs préavis.

Les mandataires se conformeront aux exigences complémentaires que pourraient formuler l'autorité compétente **dans son préavis accompagnant l'autorisation de construire et les autorisations complémentaires délivrées en cours de réalisation.**

Les recommandations contenues dans le présent rapport de protection incendie n'ont pas force de loi; **elles n'entrent en force juridique que sur la base des décisions figurant dans les préavis ou déterminations délivrés par les autorités compétentes en termes de protection contre les incendies.**

Les personnes ci-dessous certifient avoir pris connaissance et cautionnent le concept de protection incendie.

Maître de l'ouvrage

*Etat de Vaud, Agglomération Lausanne Morges, TL, Ville de Lausanne*

.....

## 4 Annexes au dossier K13

Annexe 1. Liste des prescriptions utilisées pour l'élaboration du concept de protection incendie

Annexe 2. Utilisation des matériaux de construction

Annexe 3. Plans de sécurité incendie



## Annexe 1, Liste des prescriptions utilisées pour l'élaboration du concept de protection incendie

Les directives servant de base au rapport de protection incendie de l'objet en titre et cités à différents chapitres sont les suivantes :

TITRE	Référence
Norme de protection incendie	1-15fr (AEAI, 01.01.2015)
Termes et définitions	10-15fr (AEAI, 01.01.2019)
Assurance qualité en protection incendie	11-15fr (AEAI, 01.01.2019)
Prévention des incendies et protection incendie organisationnelle	12-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Matériaux et éléments de construction	13-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Utilisation des matériaux de construction	14-15fr (AEAI, 22.03.2017)
Distances de sécurité incendie, systèmes porteurs et compartiments coupe-feu	15-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Voies d'évacuation et de sauvetage	16-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Signalisation des voies d'évacuation – Éclairage de sécurité – Alimentation de sécurité	17-15fr (AEAI, 01.01.2017)
Dispositifs d'extinction	18-15fr (AEAI, 01.01.2017)
Installations sprinklers	19-15fr (AEAI, 29.11.2017)
Installations de détection d'incendie	20-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Installation d'extraction de fumée et de chaleur	21-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Système de protection contre la foudre	22-15fr (AEAI, 01.01.2017)
Installations de transport	23-15fr (AEAI, 14.12.2017)
Installations thermiques	24-15fr (AEAI, 17.05.2018)
Installations aérauliques	25-15fr (AEAI, 01.01.2017)
Matières dangereuses	26-15fr (AEAI, 06.08.2018)
Méthodes de preuves en protection incendie	27-15fr (AEAI, 22.03.2017)
Procédure de reconnaissance AEA	28-15fr (AEAI, 01.01.2015)
Autres dispositions	40-15fr (AEAI, 20.03.2018)
Guide de protection incendie – Capteurs et panneaux solaires	2001-15 (AEAI, 01.01.2017)
Directive concernant les accès, surfaces de manœuvre et d'appui pour les moyens d'intervention sapeurs-pompiers	CSSP – 02.2015

## Annexe 2, Utilisation des matériaux de construction

Les matériaux de construction sont classés sur la base d'essais normalisés ou d'autres procédures reconnues par l'AEAI.

### 1. Réaction au feu (RF)

Les matériaux de construction sont classés dans les groupes suivants, selon leur réaction au feu (RF) :

- RF1 (pas de contribution au feu);
- RF2 (faible contribution au feu);
- RF3 (contribution admissible au feu);
- RF4 (contribution inadmissible au feu).

Sont considérés comme matériaux de construction à réaction au feu critique (cr) ceux qui, du fait de la fumée produite, de la formation de gouttelettes ou de particules enflammées, ou de la corrosion, peuvent avoir des effets inacceptables en cas d'incendie.

### 2. Principes d'utilisation

Les matériaux combustibles ne peuvent être utilisés que s'ils ne conduisent pas à une augmentation inadmissible des risques. Sont notamment déterminants :

1. la réaction au feu et la densité de fumée, la formation de gouttes en fusion et la chute d'éléments incandescents, le dégagement de chaleur, la formation de gaz d'incendie dangereux;
2. le mode et l'ampleur de l'utilisation ;
3. le nombre d'occupants;
4. la géométrie du bâtiment;
5. le type de construction, la situation, l'étendue et l'affectation des bâtiments, des autres ouvrages ou des compartiments coupe-feu.

Les matériaux de construction dont la réaction au feu est critique (cr d'après la directive de protection incendie "Matériaux et éléments de construction") ne doivent pas être utilisés à l'intérieur des bâtiments et des autres ouvrages.

Les cadres des fenêtres ainsi que les éléments indispensables mais d'une surface négligeable (raccords, joints, traverses isolantes, etc.) seront composés de matériaux satisfaisant au moins aux exigences de la catégorie RF3. En outre, les éléments d'une surface négligeable peuvent se composer de matériaux caractérisés par une réaction critique au feu (cr).

Les matériaux de construction pouvant être utilisés dans le cadre de ce projet sont récapitulés dans les chapitres suivants.

### 3. Enveloppe du bâtiment

#### 3.1 Géométrie du bâtiment

Si la couche supérieure de la toiture est combustible, il faut faire en sorte que les sapeurs-pompiers puissent accéder au toit de l'extérieur (au moyen d'un véhicule à plate-forme aérienne par exemple), ou installer un escalier permettant de monter sur le toit. Les trappes de toit, de dimensions minimales de 0,7 x 1,2 m et munies d'un escalier escamotable accordéon (mais non d'une échelle), tiennent également lieu d'accès au toit.

#### 3.2 Parois extérieures / Exigences concernant la réaction au feu

<div> <div>RF1</div> <div>RF2</div> <div>RF3</div> </div> cr = Les matériaux à réaction critique sont autorisés.		Bâtiments de faible hauteur				Bâtiments de hauteur moyenne				Bâtiments élevés			
		Système classifié	Revêtement de la paroi extérieure	Couche d'isolation thermique, couche intermédiaire	Panneaux translucides	Système classifié	Revêtement de la paroi extérieure	Couche d'isolation thermique, couche intermédiaire	Panneaux translucides	Système classifié	Revêtement de la paroi extérieure	Couche d'isolation thermique, couche intermédiaire	Panneaux translucides
Établissements d'hébergement de type [a]	Concept de construction		cr				cr [2]						
	Concept d'installation d'extinction		cr				cr						
Autres affectations	Concept de construction	cr [1]	cr	cr		cr [1] [2]	cr [2]	cr [2]					
	Concept des installations d'extinction	cr [1]	cr	cr		cr [1]	cr	cr					

[1] Revêtement nécessaire du côté intérieur, comme sous chiffre 2, alinéa 2.

[2] Les matériaux RF3 sont autorisés dans les constructions reconnues par l'AEAI ou équivalentes.

### 3.3 Toitures / Exigences concernant la réaction au feu

<div><div><div>RF1</div><div>RF2</div><div>RF3</div><div><div><div>×</div></div>Emploi interdit</div><div><div>—</div></div>Aucune exigence</div><div>cr = Les matériaux à réaction critique sont autorisés.</div></div>	Couche supérieure	Étanchéité / sous-toiture	Isolation thermique	Support / isolation intérieure	Limite de surface	Autorisation dans bâtiments élevés
Structure de couverture type 1	<div>RF1</div>	cr	Exigences: voir ch. 4 «Aménagements intérieurs»		—	Oui
Structure de couverture type 2	cr	<div>Panneau antifeu 30'</div>	Exigences: voir ch. 4 «Aménagements intérieurs»		—	Non
Structure de couverture type 3	cr [1] [2]		<div><div><div>×</div></div></div>	<div>RF1</div>	—	Non
Structure de couverture type 4	cr [1] [2]		<div><div><div>×</div></div></div>	<div>Panneau antifeu 30'</div>	—	Non
Structure de couverture type 5	cr [1] [2]		<div>RF1</div>	Exigences: voir ch. 4 «Aménagements intérieurs»	—	Non
Structure de couverture type 6	cr [1] [2]		cr [1]	<div>RF1</div>	600 m <sup>2</sup> [3]	Non
Structure de couverture type 7	cr [1] [2]		cr [1]	<div>Panneau antifeu 30'</div>	600 m <sup>2</sup> [3]	Non
Structure de couverture type 8	cr [1] [2]		cr [1]	<div>RF1</div>	1'200 m <sup>2</sup> [3]	Non
Structure de couverture type 9	cr [1] [2]		cr [1]	<div>Panneau antifeu 30'</div>	1'200 m <sup>2</sup> [3]	Non
Chapiteaux et tentes à un étage / chapiteaux gonflables / serres	cr		<div><div><div>×</div></div></div>		—	Non
Bâtiments annexes	cr		Exigences: voir ch. 4 «Aménagements intérieurs»		—	<div><div><div>×</div></div></div>
Systèmes classifiés RF2 (cr) selon la norme SN EN 13501-5					—	Oui
Systèmes classifiés RF3 (cr) selon la norme SN EN 13501-5					600 m <sup>2</sup> [3]	Non

Panneau antifeu 30' = résistance au feu de 30 minutes

[1] Posée directement (sans vide) sur la couche sous-jacente.

[2] Épaisseur maximale 12 mm (zone de chevauchement incluse).

[3] Les couvertures d'une surface plus grande sont autorisées, pourvu que la couche d'isolation thermique soit divisée, au moyen de bandes d'isolation de catégorie RF1 et d'une largeur de 2 m au minimum, de telle sorte que les surfaces qui en résultent n'excèdent pas les limites indiquées dans le tableau.

## 4. Aménagements intérieurs

### 4.1 Généralités

Lorsque l'aménagement des parois intérieures, des plafonds et des planchers doit être réalisé en matériaux de construction RF1, les revêtements combustibles tels que les peintures, les tapisseries, les papiers peints et les placages sont autorisés, à condition que leur épaisseur n'excède pas 1,5 mm.

Lorsque des matériaux de catégorie RF1 ou RF2 sont exigés pour le revêtement des parois intérieures, des plafonds, des planchers, des faux plafonds ou des faux planchers, il est possible d'installer une ossature porteuse (par exemple un lattis) en matériaux RF3. À l'intérieur, cette construction doit cependant être fermée, afin qu'elle soit conforme à la catégorie de réaction au feu exigée.

### 4.2 Exigences concernant la réaction au feu des matériaux de construction des voies d'évacuation et des autres espaces intérieurs

			Bâtiments de faible et de moyenne hauteur								Bâtiments élevés							
			Parois, plafonds et piliers devant résister au feu	Parois, plafonds et piliers ne devant pas résister au feu	Couche isolante / couche intermédiaire	Revêtements de murs ou de plafonds, faux plafonds, faux planchers	Systèmes classifiés	Entoilages de plafonds	Revêtements de sol	Escaliers et estrades	Parois, plafonds et piliers devant résister au feu	Parois, plafonds et piliers ne devant pas au feu	Couche isolante / couche intermédiaire	Revêtements de murs ou de plafonds, faux plafonds, faux planchers	Systèmes classifiés	Entoilages de plafonds	Revêtements de sol	Escaliers et estrades
Voies d'évacuation	Voies d'évacuation verticales	Concept de construction	RF1	RF2 [1]	RF3 [1] [5]	[2]	[2]			cr [3]	[3]				[2]	[2]		
		Concept d'installation d'extinction	[1]	[1]	[1]	[2]	[2]				[3]				[2]	[2]		
	Voies d'évacuation horizontales	Concept de construction	[1] [6]	[1]	[1]	[2]	[2]	[4]							[2]	[2]	[4]	
		Concept d'installation d'extinction							[4]						[2]	[2]	[4]	
Autres espaces intérieurs	Établissements d'hébergement [a]	Concept de construction	RF1			[5]		[5]	[4]						[5]		[5]	[4]
		Concept d'installation d'extinction							[4]						[5]		[5]	[4]
	Locaux recevant un grand nombre de personnes	Concept de construction							[4]						[5]		[5]	[4]
		Concept d'installation d'extinction								[4]					[5]		[5]	[4]
	Autres locaux	Concept de construction								cr					[5]		[5]	[4]
		Concept d'installation d'extinction								cr				[7]		[5]		



- [1] Les éléments de construction contenant des matériaux combustibles doivent, du côté intérieur du local considéré, être recouverts d'un panneau antifeu RF1 d'une résistance au feu de 30 minutes.
- [2] Les divers éléments composés de matériaux combustibles (éclairage par appliques, panneaux d'affichage, revêtements, remplissage des garde-corps, etc.) ne doivent pas occuper plus de 10 % de la surface au sol de la cage d'escalier par étage et, dans les voies d'évacuation horizontales, plus de 10 % de la surface au sol de la voie d'évacuation considérée. Ces éléments doivent mesurer au maximum 2 m<sup>2</sup> et ne doivent pas se trouver à moins de 2 m les uns des autres. Les ouvrants des portes et des fenêtres, les mains courantes et les autres supports linéaires en bois ne sont pas pris en considération dans ce calcul.
- [3] Dans les bâtiments de faible hauteur, il est permis d'employer des matériaux RF2 au lieu des matériaux RF1, et des matériaux RF3 au lieu des matériaux RF2.
- [4] Les entoilages de plafond suspendus à plus de 5 m au-dessus du plancher peuvent être composés de matériaux RF2 au lieu de matériaux RF1, et de matériaux RF3 au lieu de matériaux RF2. Les membranes textiles dont sont constitués les chapiteaux et les tentes ne sont pas considérées comme des entoilages de plafond.
- [5] L'emploi de matériaux RF3 est autorisé dans les parois et les plafonds qui ne doivent satisfaire à aucune exigence de résistance au feu.
- [6] Les matériaux de construction des parois intérieures, des plafonds et des piliers des établissements d'hébergement du type [a] doivent appartenir à la catégorie RF1.
- [7] L'emploi de matériaux RF3 est autorisé dans les éléments porteurs linéaires.

## 5. Techniques du bâtiment

### 5.1 Tuyauteries et leurs isolations

#### 5.1.1 Généralités

Les matériaux isolant les installations techniques feront place à des matériaux RF1 dans les trémies traversant des éléments de construction formant compartiment coupe-feu. Les obturations seront mises en œuvre conformément aux indications figurant sur la déclaration de performance ou sur le renseignement technique AEAI.

Dans les voies d'évacuation verticales, seules les tuyauteries et isolations de tuyauteries en matériaux RF1 sont autorisées.

## 5.1.2 Exigences concernant la réaction au feu des réseaux de tuyauteries

<div> <div>RF1</div> <div>RF3</div> <div>cr = les matériaux à réaction critique sont autorisés</div> </div>	Bâtiments de faible et de moyenne hauteur et bâtiments élevés	
	Pose à découvert [1]	Pose dans gaine technique résistant au feu [1]
Tuyaux d'écoulement intérieurs d'eaux pluviales et d'eaux usées		cr
Conduites d'eau		cr
Conduites d'eau d'extinction [2]		
Isolations et enveloppes de tuyauteries [3]		cr
Isolations de tuyauteries enveloppées par des matériaux RF1 $\geq 0,5$ mm [3]	cr	cr

[1] Doivent satisfaire aux exigences concernant les traversées des éléments formant compartiment coupe-feu, telles qu'elles sont définies dans la directive de protection incendie «Distances de sécurité incendie, systèmes porteurs et compartiments coupe-feu».

[2] Des exceptions sont admises si les conduites d'eau d'extinction sont munies d'une protection ou d'un revêtement de résistance au feu EI 30–RF1.

[3] Au franchissement des parois et des planchers formant compartiment coupe-feu, l'isolation des tuyauteries doit être incombustible, comme indiqué sous le [chiffre 5.1.1](#).

## 5.2 Câbles et ensemble d'appareillages à basse tension

### 5.2.1 Câbles

Seuls sont autorisés dans les voies d'évacuation verticales les câbles d'alimentation ou de télécommunication des appareils ou des équipements qui y sont installés.

La charge calorifique totale des câbles qui empruntent les voies d'évacuation horizontales ne doit pas excéder 200 MJ par mètre linéaire de voie d'évacuation; ce qui représente 60 à 70 câbles électriques (4 x 1,5 mm<sup>2</sup> ou 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>).

Les câbles caractérisés par une réaction critique au feu ne doivent être utilisés ni dans les voies d'évacuation horizontales, ni dans les voies d'évacuation verticales.

### 5.2.2 Ensembles d'appareillages à basse tension

Les conditions d'installation suivantes s'appliquent aux ensembles d'appareillages à basse tension présents dans les voies d'évacuation verticales :

- les ensembles d'appareillages à basse tension dont les boîtiers ont une surface frontale inférieure ou égale à 1,5 m<sup>2</sup> doivent être installés dans un boîtier d'indice de protection IP 4X composé de matériaux RF1 et dans un coffret d'une résistance au feu de 30 minutes. Les joints des passe-câbles à vis peuvent se composer de matériaux RF3 (cr);
- en cas de surface frontale supérieure à 1,5 m<sup>2</sup>, les ensembles d'appareillages à basse tension doivent être isolés par une porte coupe-feu de résistance EI 30-RF1 reconnue par l'AEAI;



- les ensembles d'appareillages à basse tension dans des boîtiers contrôlés d'indice de protection IP 5X (ou supérieure) d'une résistance au feu de 30 minutes et composés de matériaux RF1 (y compris les entrées de câbles) peuvent être installés sans fermeture coupe-feu supplémentaire, quelle que soit leur surface frontale.

Les ensembles d'appareillages à basse tension installés dans les voies d'évacuation horizontales qui présentent une séparation coupe-feu en face de voies d'évacuation verticales doivent être placés dans des boîtiers d'indice de protection IP 4X et composés de matériaux RF1. Les joints des passe-câbles à vis peuvent se composer de matériaux RF3 (cr).

### 5.2.3 Matériels de traitement de l'information

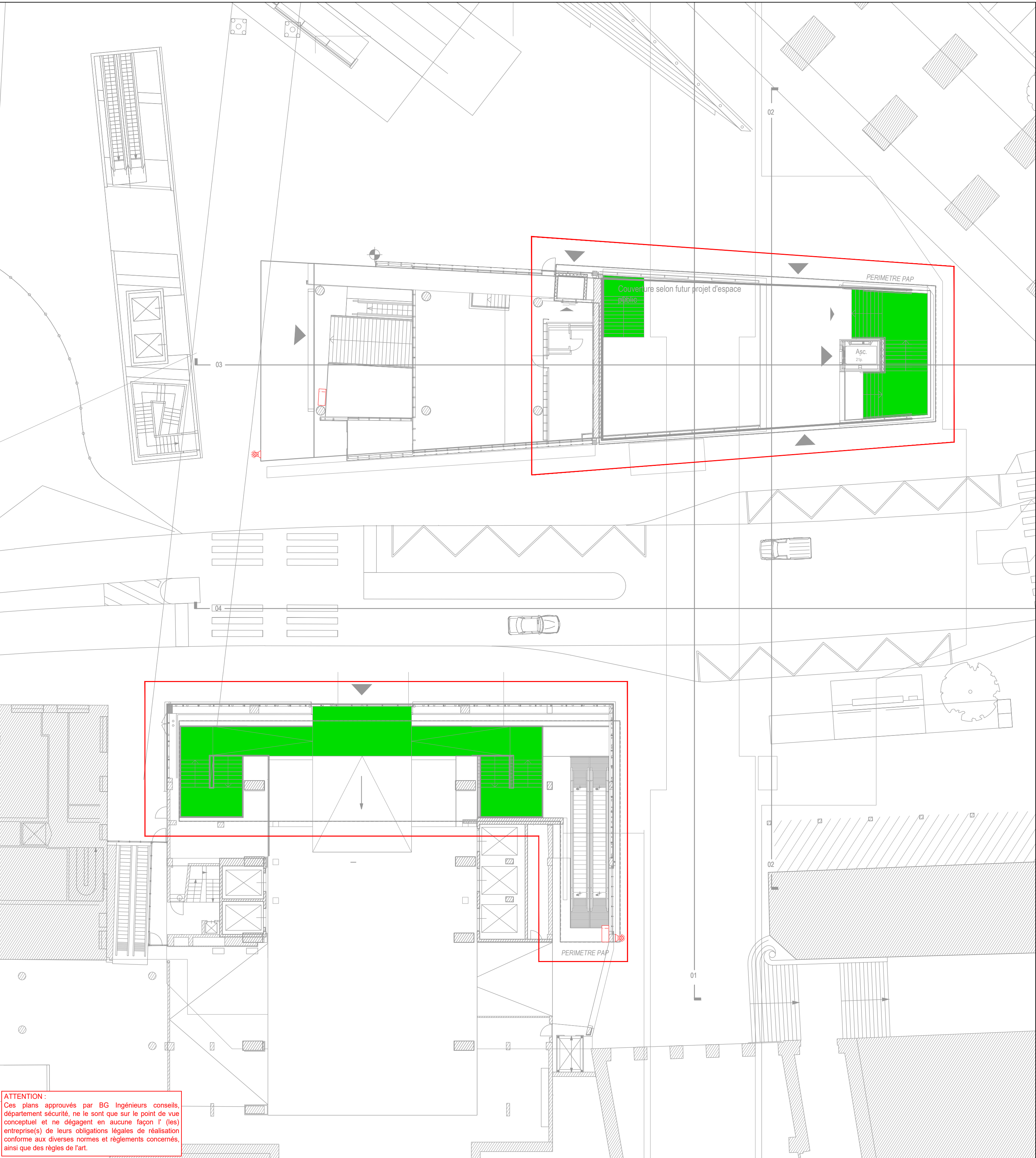
Les équipements tels que les installations de détection d'incendie, les interphones, les installations vidéo ou les systèmes servant à communiquer visuellement des informations (écrans) sont autorisés dans les voies d'évacuation horizontales ou verticales, à condition que la voie d'évacuation reste en tout temps praticable sur toute la largeur nécessaire et que les équipements répondent à l'une des normes suivantes:

- SN EN 62368-1:2014 Équipements des technologies de l'audio / vidéo, de l'information et de la communication - Partie 1: Exigences de sécurité;
- SN EN 60950-1+A11+A1+A12+A2-AC:2011 Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales;
- SN EN 60065+A1+A11+A2+A12:2011 Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues - Exigences de sécurité.

Il est permis d'installer dans les voies d'évacuation horizontales des équipements des technologies de l'audio/vidéo, de l'information et de la communication, qu'ils soient alimentés par le réseau ou par des batteries, ainsi que du matériel électrique de bureau, à condition que la voie d'évacuation reste en tout temps praticable sur toute la largeur nécessaire et que les équipements répondent à l'une des normes suivantes:

- SN EN 62368-1:2014 Équipements des technologies de l'audio / vidéo, de l'information et de la communication - Partie 1: Exigences de sécurité;
- SN EN 60950-1+ A11+A1+A12+A2-AC:2011 Matériels de traitement de l'information - Sécurité - Partie 1: Exigences générales;
- SN EN 60065+A1+A11+A2+A12:2011 Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues - Exigences de sécurité.

Les dispositifs de commande et d'affichage des installations de détection d'incendie à l'usage des sapeurs-pompiers (24 V / CC, alimentation de la centrale de signalisation), ainsi que les dispositifs de commande des installations d'extraction de fumée et de chaleur (24 V / CC, alimentés par la centrale de l'installation) peuvent se trouver dans les voies d'évacuation.



**ATTENTION :**  
Ces plans approuvés par BG Ingénieurs conseils, département sécurité, ne le sont que sur le point de vue conceptuel et ne dégagent en aucune façon l' (les) entreprise(s) de leurs obligations légales de réalisation conforme aux diverses normes et règlements concernés, ainsi que des règles de l'art.

LEGENDE ET NOTES:

- Chemin de fuite, balisé, éclairé (min. 1 lux au sol), revêtement minéraux (RF1)
- Voie de fuite horizontale équipée d'éclairage de sécurité + balisage
- Parois (R)E160 avec portes E(I)30(-C)
- Calotte du tunnel sans résistance au feu
- Tableau de rappel de détection incendie
- Balisage de sécurité
- Borne hydrante
- Extincteur portatif
- Détection incendie
- Déclencheur manuel d'alarme feu
- Feu flash

REV.	DATE	COMMENTAIRES	DESS.	VERIF.	VISA
A	09/05/2019	Plan d'avant-projet	LC	Teje	Maed
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

LOCALISATION:

GROUPEMENT:

AUTEUR:

**AXES FORTS** DE TRANSPORTS PUBLICS URBAINS  
DEVELOPPEMENT DES METROS AUTOMATIQUES m2-m3  
AVANT PROJET  
Niveau 0  
Concept de protection incendie

FORMAT: A3(4x3), ECHELLE: 1/200 - SYSTEME: ISO-VIS - N°01 - NORM DES FICHES: 12345 (2020) Niveau 0 (2020)

N° DE PLAN (ORIGINE): XXX	PIECE: K13	N° DE PLAN (PROJET): M-EQ00-33-0000-SYM-PG-009-00.02
------------------------------	---------------	---------------------------------------------------------







