



**HAL**  
open science

## Protection des tunnels contre les incendies

Hicham El Hajj

► **To cite this version:**

Hicham El Hajj. Protection des tunnels contre les incendies. Mécanique des structures [physics.class-ph]. 2011. dumas-01196777

**HAL Id: dumas-01196777**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01196777>**

Submitted on 10 Sep 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Institut des Sciences Appliquées et Économiques - Université Libanaise

**ISAE –Cnam Liban**

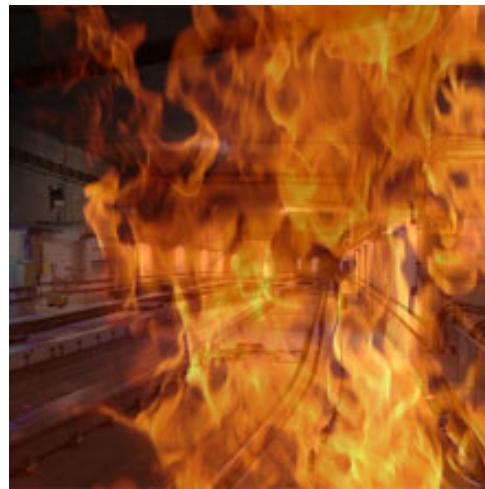
Centre du Liban associé au Conservatoire national des arts et métiers - Paris



Projet de fin d'étude

Mécanique des structures et systèmes

Protection des tunnels contre les incendies



Présenté par : **EL-HAJJ Hisham**

Juillet 2011

Je remercie tous les membres du jury, Dr. VÉNIZÉLOS Georges, Dr JABBOUR Tony, Dr. ABDEL WAHAB Mohammad et surtout Dr. ABDALLAH Nabil qui m'a beaucoup aidé à réaliser mon projet. Je n'oublie pas mes camarades de classe pour leurs respects et les bons moments qu'on a passés ensemble durant ces cinq années. Ce remerciement reste insuffisant si je ne remercie pas mon épouse et mes chers parents pour leur motivation et leur soutien.

## **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION</b> .....	5
<b>ENGLISH INTRODUCTION</b> .....	8
<b>1. CHAPITRE 1</b>	
<b>SYSTEME DE PROTECTION SPECIFIQUE A CHAQUE ENDROIT</b> .....	10
1.1 INTRODUCTION.....	10
1.2 LES SYSTEMES DE PROTECTION .....	12
<b>2. CHAPITRE 2</b> .....	13
<b>LES SYSTEMES D'EXTINCTIONS</b> .....	13
2.1 Introduction .....	13
2.2 Les installations Fixes .....	13
2.2.1 Fonctionnement.....	14
2.2.2 L'avantage de l'utilisation du FM-200 .....	14
2.2.3 Application.....	15
2.2.4 Système de fonctionnement .....	15
2.2.5 L'application du FM-200 dans JODP .....	17
2.3 Les extincteurs portatifs de première intervention.....	23
2.3.1 Les extincteurs au dioxyde de carbone .....	24
2.3.2 Les extincteurs a poudre .....	25
<b>3. CHAPITRE 3</b>	
<b>LE SYSTEME DE BROUILLARD D'EAU A HAUTES PRESSION</b> .....	27
3.1 Introduction .....	27
3.2 La description du système.....	29
3.3 Les différents systèmes de brouillard d'eau .....	31
3.4 La description du système et le calcul.....	32
3.4.1 La base de notre étude.....	33
3.4.2 Comment on calcule les pertes de charges ?.....	34
3.4.3 Système d'air comprimé. ....	38
3.4.4 Le calcul de la perte de pression dans les tuyaux d'air selon le logiciel .....	41

**4. CHAPITRE 4**

<b>LA CHAMBRE TECHNIQUE.....</b>	<b>43</b>
4.1 Introduction .....	43
4.2 Les réservoirs .....	44
4.3 Comment choisit on les pompes convenables.....	46
4.4 Les vannes utilisées.....	52
4.5 Le compresseur .....	54
4.6 Les détecteurs.....	55
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>80</b>

## INTRODUCTION

Le risque d'incendie est l'un des plus grands risques posés à la santé et à la sécurité des personnes et à la propriété, ainsi qu'à la prestation des services essentiels. C'est à l'industrie, au gouvernement, et en fait à tout le monde, que revient la responsabilité de protéger les personnes des conséquences des incendies.

La majeure partie des incendies a des origines humaines (imprudence, malveillance, cause thermiques...). Les causes naturelles les plus fréquentes sont la foudre et la fermentation. Les causes des incendies peuvent aussi être énergétiques : étincelles, réactions chimiques, court-circuit. Selon les experts, les incendies d'origine électrique sont plutôt dus au développement d'échauffements ponctuels accidentels, en particulier au niveau des connexions. Ces phénomènes restent en effet quasiment indétectables.

Une partie des principaux dangers auxquels s'expose une personne proche d'un incendie est liée à la chaleur élevée. Même en dehors des flammes, on s'expose au risque de brûlures dues principalement aux fumées chaudes, mais aussi au rayonnement infrarouge, au contact avec des objets chauffés, à l'air chauffé, ou bien aux vapeurs d'eau produites par l'arrosage. Les autres risques sont essentiellement respiratoires. En effet, le feu consomme de dioxygène de l'air, indispensable à la survie et peut donc entraîner une asphyxie que l'on nomme « risque anoxie ». En outre le feu dégage des fines particules (communément appelées fumée) qui peuvent venir brûler l'intérieur des poumons, et souvent des gaz toxiques pouvant provoquer des empoisonnements, notamment le monoxyde de carbone. Un incendie se développe en plusieurs phases au cours desquelles sa température va s'élever. La rencontre du triangle du feu, c'est-à-dire un combustible, un comburant (en général le dioxygène de l'air) et une énergie d'activation (chaleur, flamme nue, étincelle) est suffisante à la combustion de s'amorcer.

La combustion produit de la chaleur (réaction exothermique), le feu entretient et accroît l'énergie d'activation. Si le combustible et le comburant sont disponibles en quantités suffisantes, l'incendie s'étend de manière exponentielle. On estime que pour éteindre un feu sec naissant, il faut : un verre d'eau durant la première minute, un seau d'eau au cours de la deuxième minute, une citerne d'eau au bout de la troisième minute.

Dans un système de protection incendie, il ne suffit pas de détecter et de mettre en sécurité. Il est souvent nécessaire de protéger les personnes et les biens en agissant sur le début de l'incendie même. C'est le rôle d'un système d'extinction automatique.

Qu'il soit à gaz, à eau, à brouillard d'eau, à mousse ou à poudre, l'agent extincteur géré par l'automatisme est là pour empêcher le feu de se développer ou pour l'éteindre.

Pour domestiquer et maîtriser tout début d'incendie préjudiciable il est impératif de monter des matériels d'extinction répondant aux risques à couvrir. Ces matériels doivent, par leur présence, assurer une parfaite maîtrise des dangers inhérents à un départ de feu.

Le rôle d'une Installation d'Extinction Automatique (IEA) est de:

Détecter, donner l'alarme et éteindre ou pour le moins contenir un début d'incendie.

Afin de connaître l'objectif à atteindre, il est impératif de savoir quel risque de feu est présent. De plus, les critères énoncés ci-après sont à prendre en compte pour la réalisation d'un système d'extinction automatique :

- Là où les classes de feu susceptibles d'être rencontrées:
  - o Feu de solide (classe A)
  - o Feu de liquide (classe B)
  - o Feu de gaz (classe C)
  - o Feu de métaux (classe D)
  
- La charge calorifique dans le volume ou la zone qu'on souhaite protéger
- Le mode de conditionnement et le mode de rangement dans le cas de stockage
- Les caractéristiques intrinsèques des biens qu'on souhaite protéger (compatibilité entre les biens et l'agent extincteur)
  
- Les propriétés de l'enceinte dans laquelle se trouve le risque:
  - o Comportement et tenue au feu
  - o Niveau de confinement (ouvert, semi-ouvert ou étanche)
  - o Résistance mécanique des parois de l'enceinte
  
- L'occupation des locaux

- Le niveau de formation des personnels et les éventuelles mesures organisationnelles vis à vis de la protection incendie
- Le temps d'intervention des secours
- Les contraintes d'exploitation du site
- Les moyens de prévention et de protection déjà existants

Dans notre étude on va essayer de trouver les solutions de protection des incendies en citant 2 différentes solutions. Chaque endroit nécessite un système de protection spécifique ou bien plus favoris.

### **MOTS CLES :**

- Incendie
- Pompe
- Pression
- Débit
- Buse
- Compresseur
- Brouillard d'eau
- FM- 200
- Vanne
- Réservoirs
- Tunnels
- Nœuds
- Pertes de charges



## ENGLISH INTRODUCTION

The project's main goal is not to introduce a new fire suppression system but in fact to describe and analyze two common systems used worldwide, the FM-200 and Water Mist.

The FM-200 system is used for specific rooms where fire fighting methods using water are prohibited, to avoid damaging delicate and expensive equipment installed in these rooms. This system has many advantages but it also has its disadvantages. For instance, a detailed study must be done in order to specify the exact FM-200 concentration needed, and the staff evacuation time from the protected rooms before discharge.

The Water Mist high pressure system is mainly used in tunnels. This system uses high pressured water (*from 80 to 140 bars*) to extinguish fires while using a relatively small amount of water. This system is very effective as the water is not discharged directly into the equipments, and of course is not harmful to people.

The water compressed at high pressure would put out a fire in a minimum amount of time, without using a large volume of water. The only disadvantage of this system is financial as the pumps required are very expensive.

These two systems are only examples from countless Fire Suppression methods in use worldwide. In this report, the two systems introduced above (and all their required equipments) will be explained in detail while being studied in existing projects.

### **KEY WORDS :**

- Fire
- Pump
- Pressure
- Flow
- Nozzle
- Compressor
- Mist Water

- FM- 200
- Valve
- Tank
- Tunnels
- Node
- Pressure lost

## 1. CHAPITRE 1

### SYSTEME DE PROTECTION SPECIFIQUE A CHAQUE ENDROIT

#### 1.1 INTRODUCTION

Le but de notre étude est de protéger les galeries techniques (région 7) dans le projet de Jabal Omar JODP (Jabal Omar development project) au Riyadh KSA contre l'incendie dans les locaux techniques (région 7 et 4) situés au-dessous des tunnels.

L'étude de la région 7 du JODP sera achevée en utilisant les codes internationaux. Les codes utilisés sont :

- National fire protection association (NFPA)
  - NFPA 101 : life safety and building hazard classification
  - NFPA 13 : Standard for the installation of sprinkler systems
  - NFPA 20 : Standard for the installation of stationary pumps for fire protection
  - NFPA 750 : Standard on water mist fire protection systems
- KSA défense civile
- Les besoins des fabricants pour les systèmes de brouillard d'eau

Passons maintenant à la décomposition des endroits qu'il faut protéger dans ce projet et aux systèmes de protection spécifiques pour chaque endroit :

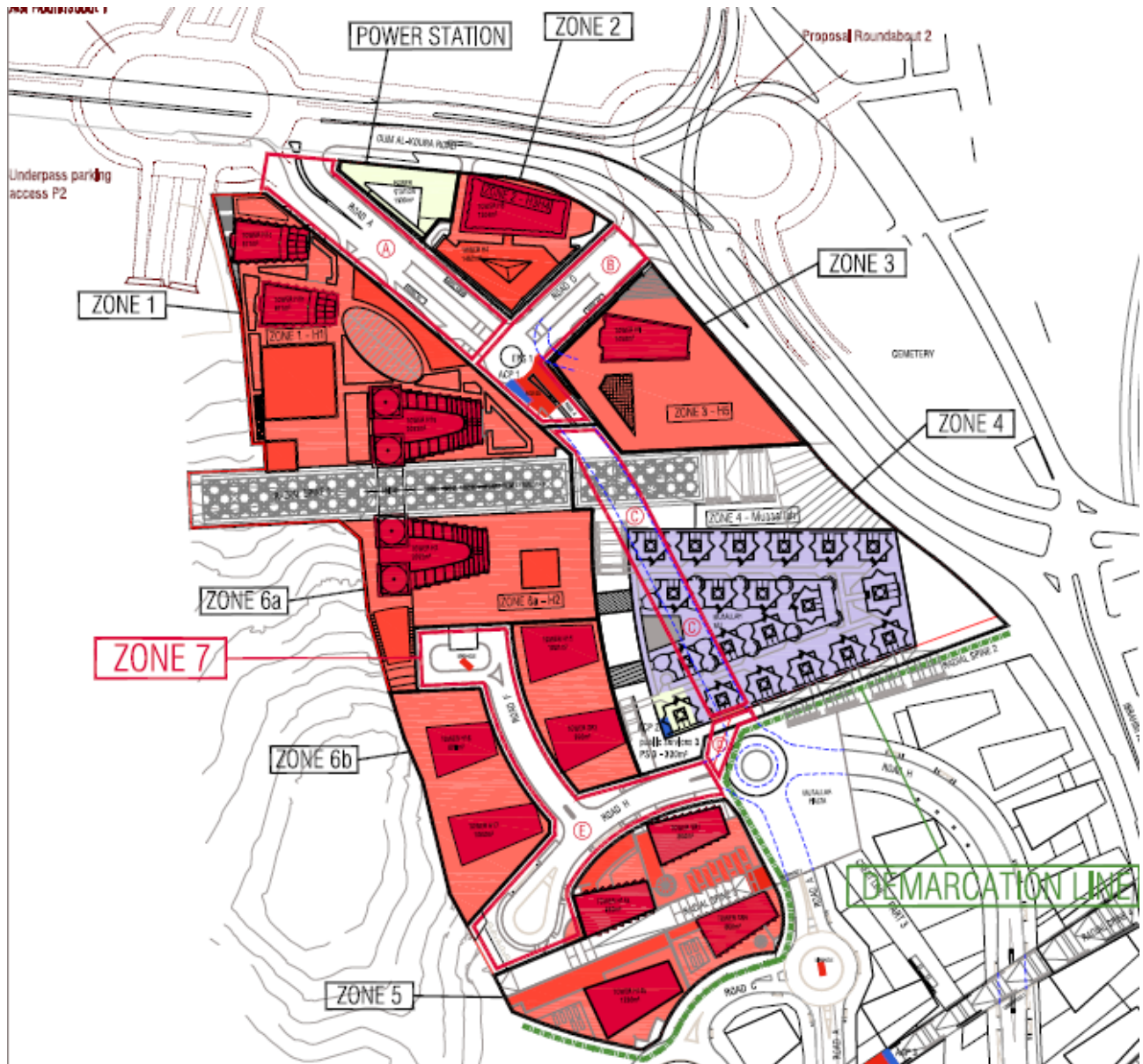
a) Locaux techniques de la région 7 sont composés de 2 niveaux :

- Route A/1 : Sous terrain niveau -3
- Route A/1 : Sous terrain niveau -2

b) La galerie technique qui passe au-dessous des routes et les endroits suivants :

- Région 7 : Au-dessous de la route A
- Région 7 : Au-dessous de la route D
- Région 4 : A l'intérieur du Mussallah
- Région 4 : Au-dessous de la route H
- Région 7 : Au-dessous de la route H
- Région 7 : Au-dessous de la route F

Ci-dessous une figure qui décrit ce projet en présentant les routes et le Mussallah :



(Figure 1.1)

La galerie technique sera divisée en 6 partitions en tenant compte que chaque route constitue une partition.

## 1.2 LES SYSTEMES DE PROTECTION

Trois systèmes de protection seront adoptés pour protéger toutes les régions contre les incendies.

Ci-joints les 3 systèmes :

- a) Système de brouillard d'eau à haute pression (High pressure water Mist – Fog): Ce système est utilisé pour protéger la galerie technique et les chambres de générateurs dans les locaux techniques de la région 7.
- b) Système de tête de Sprinkler: Ce système est utilisé dans les locaux techniques des régions 4 et 7 à l'exception des chambres électriques, des générateurs et d'autres chambres spécifiques.
- c) Le système FM-200: Ce système est utilisé pour la protection des transformers, MV, LC, TGBT et des chambres électriques. Il faut additionner au FM-200 des extincteurs portatifs de CO<sub>2</sub> dans ces endroits.

N.B: Il faut protéger les petites chambres électriques par des cylindres de CO<sub>2</sub> ou des cylindres de poudre chimique (Dry Chemical powder fire extinguishers) qui seront suffisants pour leurs protections.

Dans les chapitres suivants nous allons parler des deux systèmes (FM-200 et Brouillard d'eau) en faisant les calculs nécessaires pour aboutir aux matériaux convenables comme les pompes, les tuyaux, les cylindres .....

## 2. CHAPITRE 2

### LES SYSTEMES D'EXTINCTIONS

#### 2.1 Introduction

Si l'on décide d'installer un système d'extinction pour empêcher la propagation d'un incendie, on le choisira en fonction des risques auxquels sont exposés les bâtiments et les collections ainsi que de son coût. Il est recommandé de prendre conseil auprès de spécialistes de la lutte contre l'incendie et des assureurs. Il existe 2 types d'extincteurs :

- Les installations fixes
- Les extincteurs portatifs de première intervention

Tout établissement ouvert au public et ayant des collections à préserver devrait être équipé de ces deux systèmes.

#### 2.2 Les installations Fixes

Ces systèmes d'extinction fonctionnent généralement sans qu'il y ait intervention humaine et sont toujours reliés à une détection automatique. Ils peuvent également être déclenchés manuellement.

Citons quelques systèmes des installations fixes :

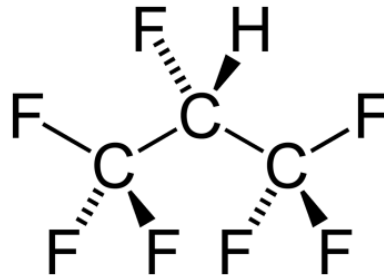
- Les systèmes sous eau
- Les systèmes sous air
- Le noyage d'ambiance par FM-200
- Le noyage d'ambiance par Inergen
- La ventilation par air inerte ou air hypoxique

Dans l'étude de ce projet on utilisera deux de ces systèmes qui sont les systèmes sous eau détaillés dans les chapitres qui suivent et le noyage d'ambiance par FM-200.

Parlons maintenant du système FM-200.

Le FM-200 est le nom commercial de l'Heptafluoropropane (HFC-227ea). Le FM-200 agit principalement par le mécanisme physique de l'absorption de la chaleur et par l'inhibition de la réaction en chaîne responsable de la combustion, sans pour autant abaisser de manière

significative la teneur en oxygène de l'air. Il existe beaucoup de fournisseurs de cette matière dont l'un des plus important est « HYG00D » qu'on utilise pour la réalisation de notre étude. La formule chimique du FM-200 ( $C_3F_7H$ ) est la suivante :



Les systèmes Hygood FM-200 sont internationaux et reconnus comme fournissant des solutions de protection incendie efficaces et fiables pour les biens, les processus et les emplacements de grande valeur ainsi que pour les personnes travaillant à l'intérieur de ces zones protégées

### 2.2.1 Fonctionnement

FM-200 fonctionne en supprimant la chaleur d'un feu empêchant ainsi la poursuite de la combustion. De plus, ses caractéristiques uniques empêchent chimiquement toute ré-inflammation. Dans le cas où la sécurité du personnel et la continuité de processus sont prioritaires, FM-200 offre la meilleure solution possible. C'est pourquoi que les systèmes HYG00D FM-200 sont certifiés UL.

### 2.2.2 L'avantage de l'utilisation du FM-200

La décision d'utiliser HYG00D FM-200 repose sur différents facteurs clés : il s'agit de remplacement chimique au Halon 1301 le plus efficace et c'est un agent qui a été utilisé pour protéger avec efficacité des millions de centres haute technologie du monde entier jusqu'à aujourd'hui. La protection de plus de cent mille applications dans plus de 70 pays lui a été confiée. Son utilisation en tant qu'agent extincteur n'est interdite ni par le protocole de Montréal ni par celui de Kyoto.

Ce système est utilisé pour remplacer progressivement les gaz appauvrissant l'ozone comme le Halon 1301, désormais interdit.

Utilisé à sa concentration nominale d'extinction (maximum 9%) FM-200 n'appauvrit pas le niveau d'oxygène à un niveau trop bas pour que les occupants puissent rester dans la pièce.

Suite à un incendie, le gaz peut être dispersé par le biais d'une ventilation naturelle grâce à l'absence d'effets secondaires toxiques du FM-200. Et comme il ne contient ni brome ni chlore, son potentiel de destruction de l'ozone est nul. L'agent HYGOOD FM-200 est stocké dans des bouteilles sous forme liquide, pressé à l'azote. Il occupe donc une faible surface.

Il n'existe aucun risque de dommage dû au choc thermique des équipements électroniques sensibles et le FM-200 est non conducteur et non corrosif. Par ailleurs, il ne laisse aucun dépôt ni résidu huileux qui pourraient endommager les logiciels, fichiers de données ou équipements de communication, ce qui implique une réduction des coûts et du temps de nettoyage après la décharge.

### **2.2.3 Application**

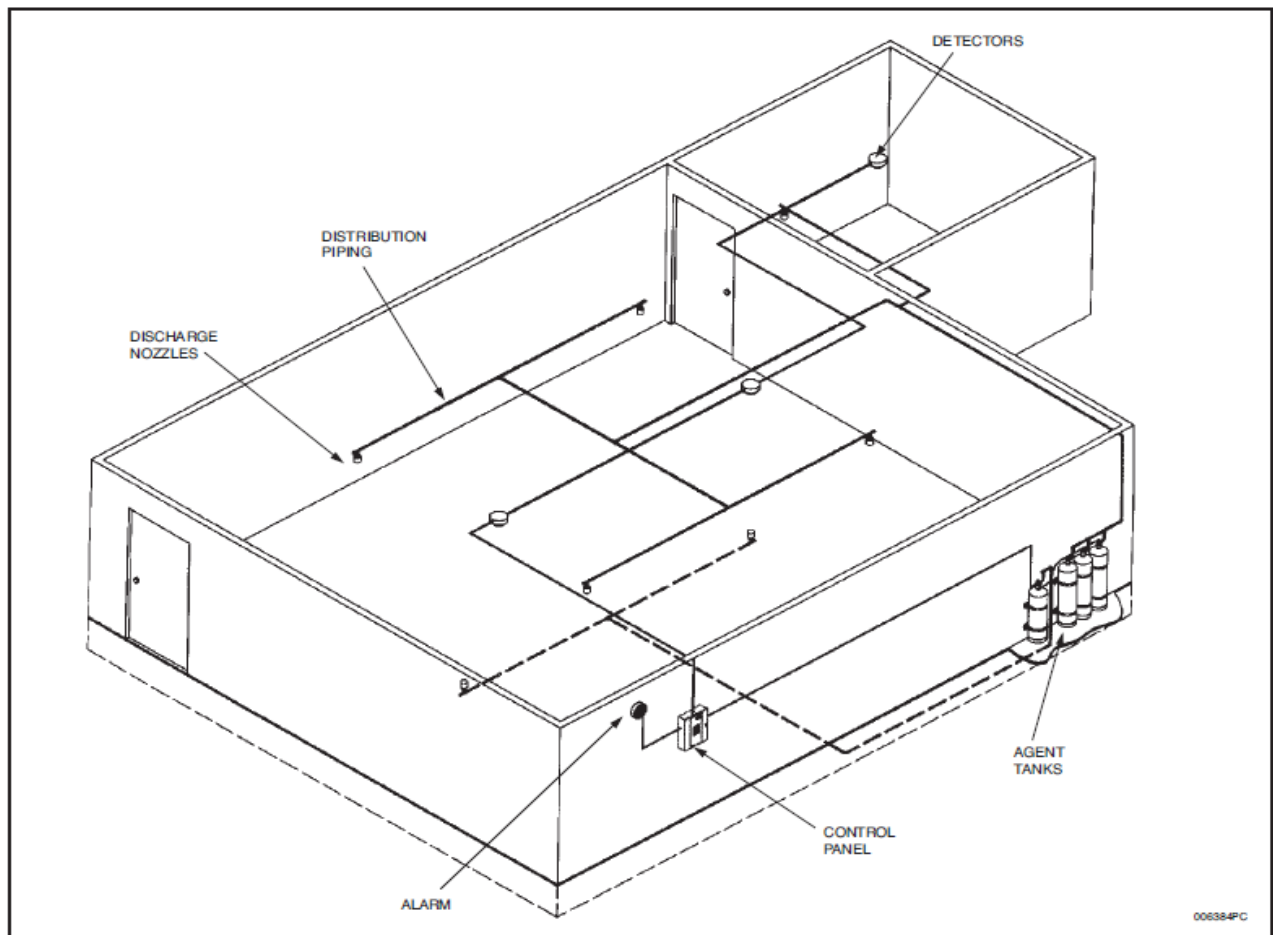
- Salles informatiques et chambres électriques.
- Turbines à gaz
- Exploration pétrolière et installation de production offshore
- Centre de télécommunications
- Génération d'électricité
- Musées, archives et stockage des données.

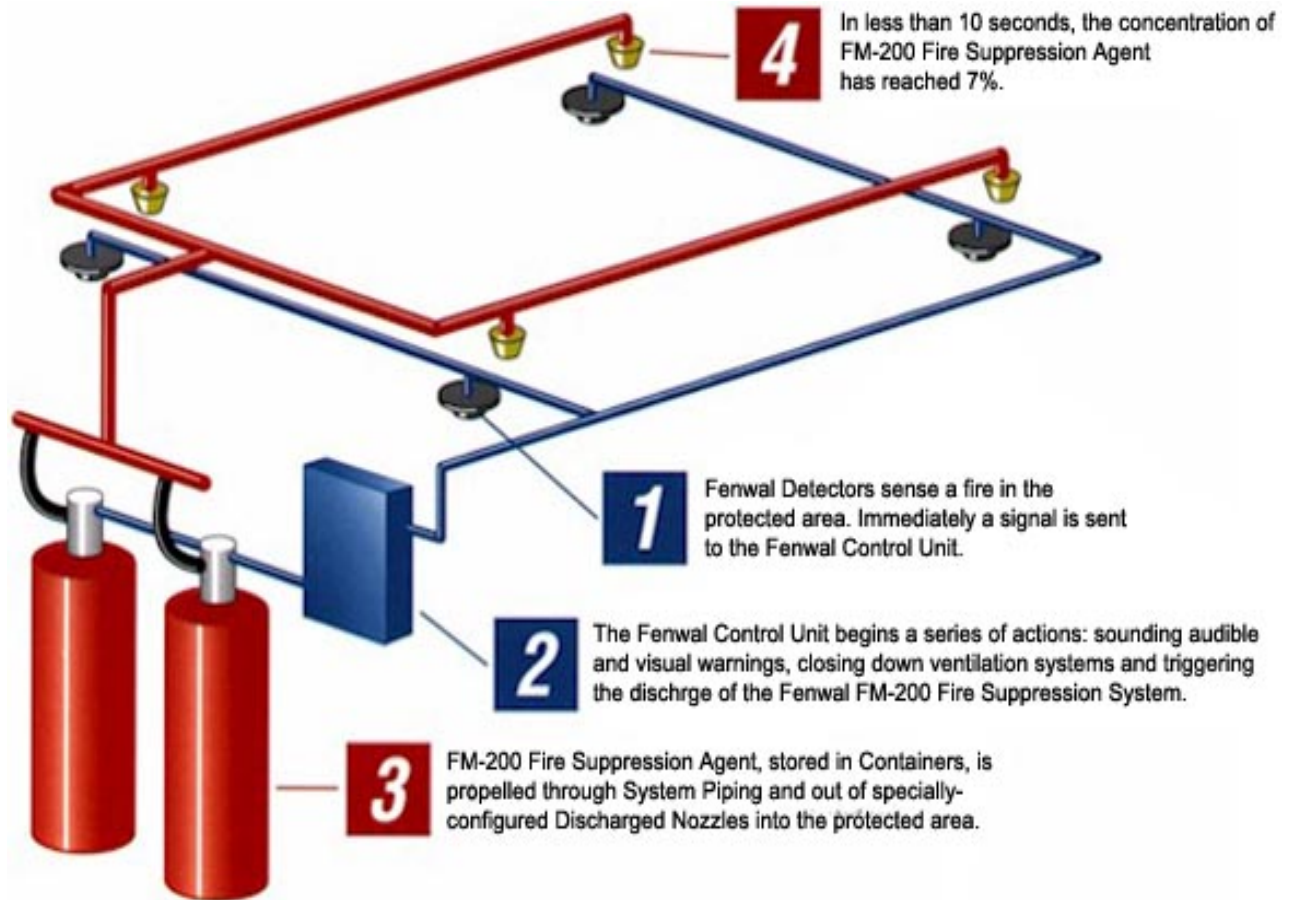
### **2.2.4 Système de fonctionnement**

Après la détection de la fumée due à un incendie par les détecteurs de fumée trouvés dans l'endroit protégé, un signal électrique s'est délivré au tableau électrique qui va donner l'ordre aux cylindres de gaz FM-200 pour décharger leurs contenus passant par des tuyaux qui sont généralement en acier galvanisé à travers les Nozzles. En une durée de 10 secondes au maximum la concentration du FM-200 va atteindre le 7 % du volume de la chambre protégée.



Voici une photo qui explique chaque terme et son fonctionnement.

**TYPICAL INSTALLATION**



### 2.2.5 L'application du FM-200 dans JODP

Le système FM-200 est utilisé dans les endroits où l'utilisation de l'eau détruit les instruments comme les chambres des ordinateurs, les chambres électriques et électroniques.

Dans notre projet ce système est utilisé dans les chambres citées ci-dessous :

- MV Cellule Room                      A1-B2-009
- Transformers Room                    A1- B2-010
- LC Room                                A1-B2-016
- TGBT                                    A1-B2-036
- MV Cubicle Room                    A1-B2-037
- Transformers Room                    A1-B2-032
- KSA Telecom Room                    A1-B2-008

N.B: la chambre électrique A1-B2-027 est considérée comme une chambre avec un danger d'incendie assez faible que l'on peut remplacer le système FM-200 par des extincteurs portatifs en poudre chimique (Dry Chemical Powder) qui sont moins chers et efficaces en même temps.

### Les bases de notre étude

Le calcul va nous permettre de préciser la masse des cylindres FM-200 nécessaire à chaque endroit ainsi que le volume et le nombre de ces cylindres.

Le fabricant va nous fournir les tuyaux convenables pour ce système qui sont généralement des tuyaux en acier galvanisé qui assurent la décharge du gaz FM-200 en 10 secondes.

Les paramètres qui touchent notre étude sont les suivants :

- Le volume de l'endroit étudié
- La température de l'endroit étudié
- La concentration nécessaire du FM-200 dans la chambre (Dans ce cas c'est 7.1% au maximum)

Les buses (Nozzles) de FM-200 sont placées à une hauteur de 4 mètres au maximum du niveau du sol. Dans le cas où la hauteur sera supérieure à 4 m nous sommes obligés d'introduire un plafond qui sera résistant à l'incendie à une hauteur de 4 mètres du sol. Dans ce cas il faut protéger les deux endroits au-dessous et au-dessus de ce plafond par deux systèmes indépendants pour assurer une protection plus sûre.

### La méthode de calcul

Pour réaliser notre étude il faut définir les six paramètres ci-dessous :

1. Calculer le volume (V) de la région protégée.
2. Définir la température de la zone de danger.
3. Définir la concentration nécessaire du FM-200 (% par volume)
4. Calculer le volume massique de la Température T
5. Calculer le poids nécessaire du cylindre FM-200
6. Définir le nombre et la taille du cylindre FM-200

Pour trouver le poids du cylindre on utilise la formule suivante :

$$w = \frac{V \times \left(\frac{C}{100-C}\right)}{S}$$

Avec  $S = 0.1269 + 0.000513.T$

On a :

V : Volume de la zone de danger

T : Température de la zone de danger

C : Concentration du FM-200 nécessaire (% par volume)

W : poids nécessaire du cylindre FM-200

S : Volume massique à la température T

N.B: On utilise le catalogue de 'HYGOOD' pour sélectionner les cylindres de FM-200.

ROOM NAME	ROOM SECTION	V (m <sup>3</sup> )	T (°C)	C (%)	S (m <sup>3</sup> / Kg)	W (Kg)	CYLINDER SELECTION
MV Cellule Room A1-B2-009	Below Gallery - Above Raised Floor	147.6295	35	7	0.14486	76.708637	<b>1 x 343 L</b>
	Below False Ceiling - Above Raised Floor	196.0732	35	7	0.14486	101.8801	
	BelowRaisedFloor	45.36495	35	7	0.14486	23.571735	
	TOTAL	389.0677	35	7	0.14486	<b>202.16047</b>	
Transformers Room A1-B2-010	BelowGallery	160.7071	35	7	0.14486	83.503765	<b>1 x 180 L</b>
	Below False Ceiling	177.4392	35	7	0.14486	92.197826	
	TOTAL	338.1463	35	7	0.14486	<b>175.70159</b>	
LC ROOM A1-B2-016	Below False Ceiling - Above Raised Floor	366.452	23	7	0.1387	198.86193	<b>1 x 343 L</b>
	BelowRaisedFloor	27.9159	23	7	0.1387	15.149078	
	TOTAL	394.3679	23	7	0.1387	<b>214.01101</b>	
TGBT A1-B2-036	BelowRamp	160.7135	35	7	0.14486	83.507115	<b>1 x 147 L</b>
	Below False Ceiling	74.668	35	7	0.14486	38.797668	
	TOTAL	235.3815	35	7	0.14486	<b>122.30478</b>	
MV Cubicle Room A1-B2-037	Below Ramp - Above Raised floor	95.6562	35	7	0.14486	49.703188	<b>1 x 180 L</b>
	Below False Ceiling - Above Raised Floor	172.1528	35	7	0.14486	89.451	
	BelowRaisedFloor	33.6201	35	7	0.14486	17.469083	
	TOTAL	301.4291	35	7	0.14486	<b>156.62327</b>	
Transformers Room A1-B2-032	Below False Ceiling	442.2177	35	7	0.14486	<b>229.77736</b>	<b>1 x 343 L</b>
SAUDI TELECOM ROOM A1-B2-008	Below False Ceiling - Above Raised Floor	50.8368	23	7	0.1387	27.587527	<b>1 x 32 L</b>
	BelowRaisedFloor	3.81276	35	7	0.14486	1.9811191	
	TOTAL	54.64956	23	7	0.1387	<b>29.656591</b>	

Technical Information

The 8, 16, 32, 52, 106, 147 & 180L containers are manufactured in accordance with DOT(HSE)4BW500 or 4BW450, the 343 Ltr container in accordance with DOT 4BW450 and the 40, 67.5 & 80 in accordance with DOT 3AA 580.

Material  
 Carbon % 0.220% max  
 Manganese % 1.250% max  
 Phosphorus % 0.045% max  
 Sulphur % 0.050% max

4BW500  
 Hydraulic test pressure: 69.0 bar (1000 psi)  
 Working Pressure: 34.5 bar (500 psi)

4BW450  
 Hydraulic test pressure: 62.1 bar (900 psi)  
 Working Pressure: 31.0 bar (450 psi)

3AA580  
 Hydraulic test pressure: 70.0 bar (1015 psi)  
 Working Pressure: 40.0 bar (580 psi)

Paint Specification: Red epoxy polyester or red polyester powder coated

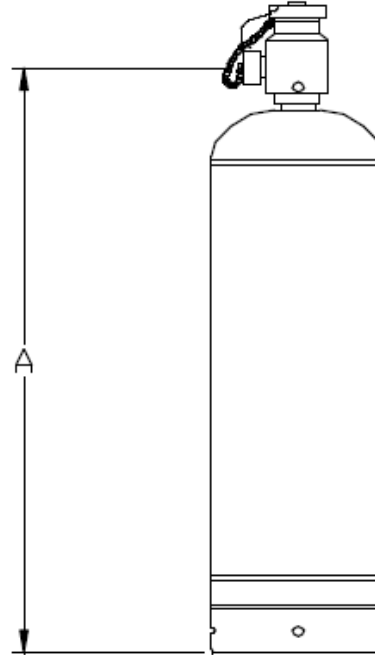


Figure 1 - FM-200® Container

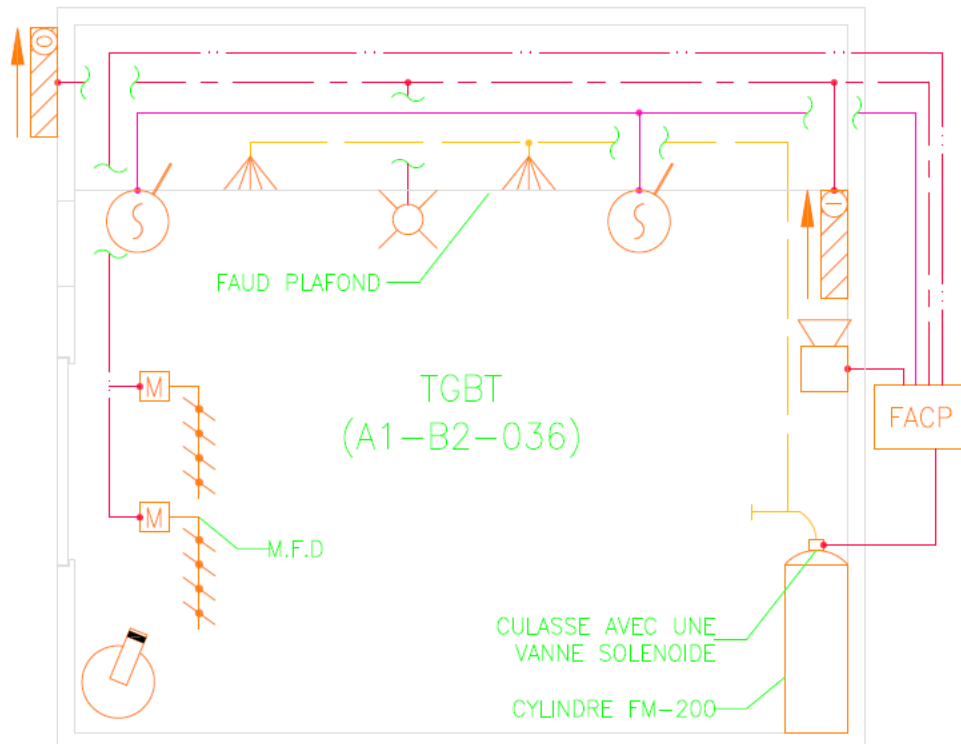
Table 4: Container details.

Part No. (Nominal size)	Nom. Volume		Outlet Size mm (In)	Dimension A (nominal)		Diameter mm (In)	Empty Weight	
	Kg	(Lbs.)		mm	(In)		kg	(lbs)
9180 (8 litre)	4.5 to 8.0	(10 to 18)	25 (1")	304	(12.)	254 (10")	14.8	(32.6)
9190 (16 litre)	9.0 to 17.5	(20 to 39)	25 (1")	502	(19.8")	254 (10")	18.4	(40.6)
9200 (32 litre)	17.0 to 33.5	(38 to 74)	25 (1")	833	(32.8")	254 (10")	26.1	(57.5)
14692 (40 litre)	22.0 to 43.0	(48 to 95)	50 (2")	1352	(53.2")	227.2 (9")	52.2	(115)
9210 (52 litre)	27.0 to 53.0	(59 to 117)	50 (2")	596	(23.5")	406 (16")	49.1	(108.3)
14693 (67 litre)	33.5 to 66.5	(74 to 147)	50 (2")	1526	(60")	265 (10.4")	81.6	(180)
14694 (80 litre)	41.0 to 81.5	(91 to 180)	50 (2")	1685	(66.3")	276 (11")	95.3	(210)
9220 (106 litre)	53.5 to 106.5	(118 to 235)	50 (2")	1021	(40.2")	406 (16")	71.8	(158.3)
9230 (147 litre)	74.0 to 147.5	(163 to 325)	50 (2")	1354	(53.3")	406 (16")	89.9	(198.2)
9240 (180 litre)	91.5 to 182.0	(201 to 401)	50 (2")	1634	(64.3")	406 (16")	105.8	(233.2)
14798 (343 litre)	172 to 343	(379 to 757)	89 (3.5")	1466	(57.7)	610 (24")	207	(456)













Le volume de chaque chambre se trouve dans l'annexe A

Ci-dessous un schéma expliquant les différents éléments et leurs installations dans la chambre TGBT.

N.B : Ce schéma sera le même pour toutes les chambres protégées par un système de FM-200.



La légende de tous les symboles sera :

LEGEND	
	CABLE DE CONTROL FM200
	CABLE POUR LE SIGNAL ALARM
	TUYAU DU GAZ FM200
	CABLE DE DETECTION
	LAMPE STROBOSCOPIQUE
	SONDEUR ELECTRONIQUE
	ALARME A L'INTERIEUR (FM200 COMMUNIQUE EVACUER RAPIDEMENT)
	SIGNAL ALARME A L'EXRTERIEUR (FM200 COMMUNIQUE N'ENTRER PAS)
	DETECTEUR DE FUMEE
	BUSE FM200
	CO2 EXTINCTEUR PERTATIF
	AMMORTISSEUR FEU MOTORISE

### 2.3 Les extincteurs portatifs de première intervention

Les extincteurs portatifs contiennent soit de l'eau, soit du gaz, soit des produits chimiques, chaque type étant conçu pour permettre de lutter contre une catégorie précise de feu. A cet égard, il est très important de choisir le type d'extincteur à eau qui convient pour une bibliothèque ou un dépôt d'archives.

Les extincteurs mobiles permettent d'éteindre un début d'incendie et d'attendre l'arrivée des pompiers ; ils doivent être disposés dans tous les endroits stratégiques.

Les différents types d'extincteurs sont les suivants :

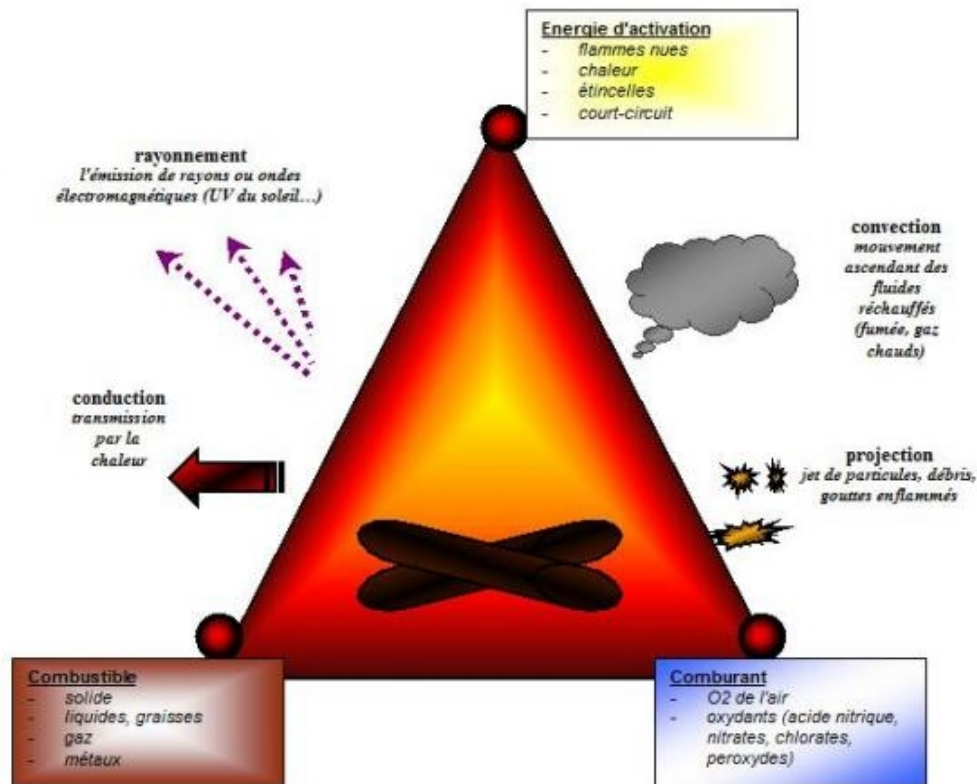
- Les extincteurs à eau en jet pulvérisé
- Les extincteurs à poudre
- Les extincteurs au dioxyde de carbone
- Les extincteurs à hydrocarbures halogénés (dits halons)
- Les extincteurs au dioxyde de carbone
- Les extincteurs à mousse expansive

On va parler de deux types de ces extincteurs qui sont :



### 2.3.1 Les extincteurs au dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est un gaz inerte "propre", qui est utilisé comme agent extincteur depuis de nombreuses années. Il a pour action de réduire le taux d'oxygène contenu dans l'air et de refroidir celui-ci rapidement, permettant ainsi l'extinction du feu en le privant de deux des éléments de son "triangle vital" : le comburant (oxygène) et l'énergie (la chaleur). Il existe en versions à haute et basse pressions.



Ils contiennent du dioxyde de carbone sous forme comprimée, liquéfiée ou gazeuse qui produit un double effet : refroidissement intense et diminution du taux d'oxygène dans l'atmosphère.

Mais si la neige carbonique éteint momentanément les flammes, elle laisse des braises incandescentes qui se renflamment très rapidement. De plus, la quantité de gaz carbonique nécessaire étant très importante, elle présente un réel danger pour le personnel présent. Ils ne sont donc nullement recommandés dans les établissements recevant du public du fait de leurs effets asphyxiants.

Ci-dessous deux types d'extincteur en dioxyde de carbone.



	2.3kg	5kg
<b>Hauteur (cm)</b>	43	76
<b>Diamètre du cylindre (cm)</b>	14	14
<b>Poids total (kg)</b>	8.7	14
<b>Poids du cylindre vide (kg)</b>	6.4	12.4
<b>Distance du décharge (m)</b>	1.5	2
<b>Temps du décharge (sec)</b>	8	9
<b>Longueur du tuyau (cm)</b>	13	117
<b>Matériel du cylindre</b>	Acier en carbone	Acier en carbone
<b>Pression a 20°C (bar)</b>	55	55
<b>Pression d'éclatement du corps (Bar)</b>	250	250

### 2.3.2 Les extincteurs a poudre

Ils renferment des poudres constituées de bicarbonate de sodium ou plus fréquemment de phosphates mono- ou di-ammoniaques qui se décomposent à haute température en libérant de l'ammoniac qui étouffe les braises. Ces poudres éteignent les feux de différentes natures ; elles sont cependant l'inconvénient d'être généralement colorées et de pénétrer en profondeur dans les documents qu'elles tachent et risquent de détériorer. L'emploi des

poudres chimiques n'est pas recommandé dans les établissements à caractère culturel étant donné qu'elles sont conçues pour combattre des incendies d'origine chimique ou industrielle et que leur emploi serait de nature à occasionner de sérieux dommages aux collections.

Ci-dessous 4 extincteurs à poudre chimiques :



	<b>1kg</b>	<b>2kg</b>	<b>3.5kg</b>	<b>5kg</b>
<b>Hauteur (cm)</b>	32	38	45	56
<b>Diamètre du cylindre (cm)</b>	8	10	14	16
<b>Poids total (kg)</b>	1.7	3.25	5	8.85
<b>Distance de décharge (m)</b>	4	5	5	5-6
<b>Temps de décharge (sec)</b>	8	10.5	12	16
<b>Pression à 20°C (bar)</b>	18	18	18	18
<b>Pression d'épreuve (bar)</b>	27	27	27	27
<b>Température (°C)</b>	-30 à 60	-30 à 60	-30 à 60	-30 à 60
<b>Concentration du poudre</b>	70%	70%	70%	70%

### 3. CHAPITRE 3

#### LE SYSTEME DE BROUILLARD D'EAU A HAUTES PRESSION

##### 3.1 Introduction

Aujourd'hui, les tunnels ainsi que l'ensemble des installations souterraines constituent des éléments essentiels de nos infrastructures puisque des millions de personnes les utilisent quotidiennement. Protéger les personnes contre les incendies et l'ensemble des risques est l'une des tâches principales des concepteurs et des exploitants de tunnels. En outre, la fermeture d'un tunnel pendant plusieurs jours, voire des semaines ou des mois, après un incendie crée, dans la plupart des cas, d'énormes pertes économiques non seulement pour l'exploitant, mais encore plus pour la société dans son ensemble. Des travaux de recherche intensifs durant la dernière décennie ont démontré que les concepts de protection incendie pour les tunnels ne fournissent pas, dans la plupart des cas, un niveau de sécurité suffisant.

Les résultats des dernières études ont prouvé qu'un incendie dans un tunnel ne peut être évité que si le départ de feu est maîtrisé dès ses premiers stades. L'efficacité des systèmes de protection passifs ou de la ventilation reste alors très limitée, car ces systèmes s'attaquent aux conséquences de l'incendie, et non à ses causes. Considérant le temps nécessaire aux pompiers pour atteindre le lieu de l'incendie, le seul moyen de combattre le feu dès ses premiers stades est un système d'extinction incendie automatique.

Le brouillard d'eau **FOGTEC**, sans aucun danger pour les personnes, garantit un contrôle efficace du feu. Cela implique également une chute significative des températures à proximité du foyer, empêchant ainsi le feu de se propager et améliorant la visibilité. Un système FOGTEC facilite énormément l'évacuation des personnes et permet aux services de secours d'intervenir beaucoup plus rapidement dans des conditions de sureté accrues. Grâce au contrôle du feu et aux faibles quantités d'eau pulvérisées, les dommages sur la structure du tunnel sont considérablement réduits

Pour garantir un niveau optimal de protection des personnes et de la structure du tunnel, toutes les mesures de sécurité comme la détection, la ventilation et le système d'extinction doivent être harmonisées dans un concept global.

Les systèmes **FOGTEC** utilisent de l'eau pure, pulvérisée sous forme de brouillard à une pression de 80 à 200 bars. Ces systèmes sont 100 % respectueux de l'environnement et sont dans la plupart des cas bien plus efficaces que les systèmes conventionnels à gaz ou à eau.

L'efficacité des systèmes **FOGTEC** s'explique par la production de microgouttes d'eau. La taille de ces gouttelettes est répertoriée classe 1, NFPA 750. Cette très petite taille rend le système **FOGTEC** extrêmement efficace avec de très faibles quantités d'eau.

Le facteur clé de cette efficacité est l'action combinée de deux effets sur le feu : la capacité à refroidir et les déplacements d'oxygène localisés.

### **Effet refroidissant**

Le brouillard d'eau haute pression couvre une surface de refroidissement nettement plus importante que celle des systèmes à basse pression traditionnels. Les systèmes **FOGTEC** absorbent alors l'énergie (la chaleur) du feu beaucoup plus rapidement et efficacement. Le puissant effet refroidissant est non seulement utile pour combattre le feu mais également pour protéger les personnes et les biens des effets de la chaleur radiée. Le bouclier thermique formé par le brouillard d'eau protège également les éléments de construction tels que les murs, les embrasures de portes, les façades etc.

### **Déplacement d'oxygène**

Les microgouttes s'évaporent rapidement à la base du feu. L'évaporation s'opère uniquement si la température est très élevée. Là où la température est plus basse, il n'y a pas de génération de vapeur et ces endroits peuvent être utilisés pour évacuer.

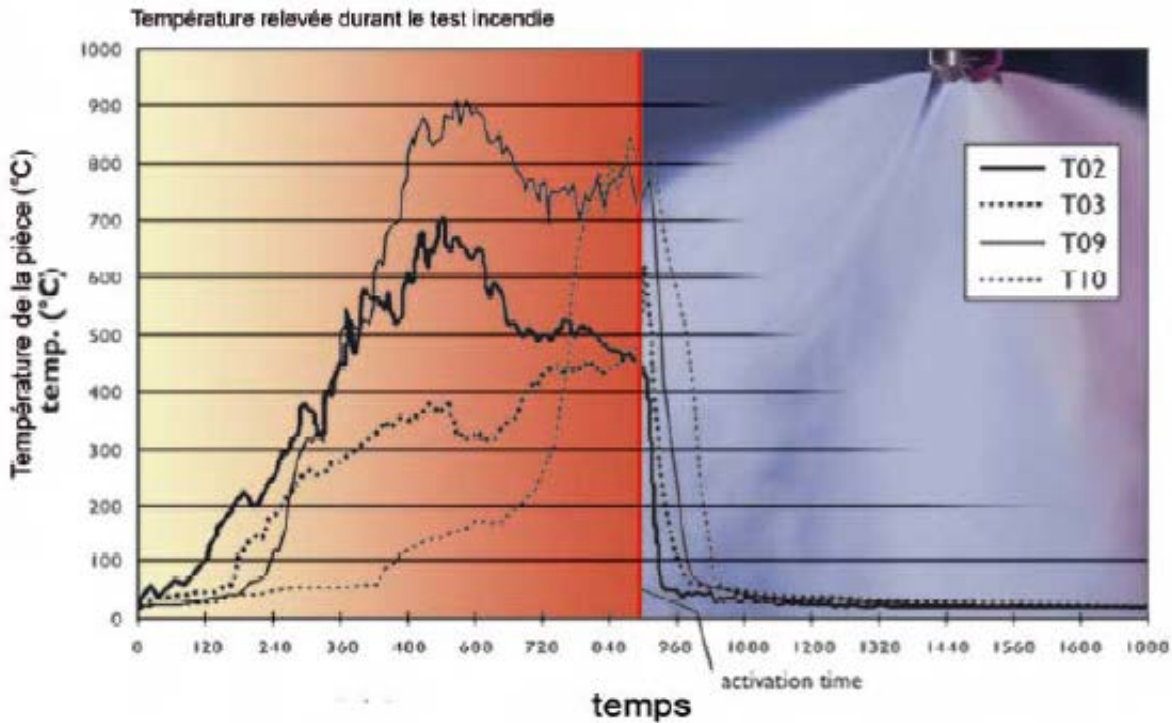
La vaporisation d'eau augmente le volume de l'eau 1640 fois et l'oxygène est déplacé localement de la base du feu.

Ceci est comparable à l'effet des gaz inertes d'extinction, même si avec l'utilisation de tels gaz, il faut réduire la quantité d'oxygène dans l'intégralité de la pièce pour obtenir les effets désirés. Les gouttes d'eau générées par les systèmes de vaporisation basse pression ou par les systèmes traditionnels de protection incendie se transforment en vapeur dans des proportions beaucoup plus faibles et une part importante des gouttes reste sous forme

aqueuse.

L'effet localisé de déplacement d'oxygène des systèmes **FOGTEC**, opérant à haute pression, présente donc un avantage considérable.

Dans le but d'obtenir des résultats optimums, **FOGTEC** adapte les quantités d'eau utilisées, la taille des gouttelettes, le type et le nombre de buses à chaque application.



### 3.2 La description du système

Les éléments qui constituent un système de brouillard d'eau sont :

- Les réservoirs d'eau
- Les pompes
- Le compresseur
- Les tuyaux d'alimentation
- Les buses
- Les zones vannes
- Les électrovannes
- Les détecteurs de chaleur et de fumée

- Le Panneau de contrôle d'incendie FACP (FireAlarm Control Panel)

Ces composantes sont installées de la manière suivante :

Les buses qui se trouvent dans les tunnels sont liées directement à des tuyaux d'alimentation en eau. Ceux-ci sont reliés à des zones vannes qui, à leur tour, sont actionnées par des tuyaux d'air venant du compresseur. Les tuyaux d'eau sont liés à la pompe alimentée en eau des réservoirs. Sur le plafond des tunnels, sont installés les détecteurs de fumée et de chaleur et dans la chambre de surveillance, le FACP.

Lorsqu'un incendie se déclenche, les détecteurs de fumée et de chaleur envoient un signal au FACP qui, à son tour, va donner l'ordre d'ouverture à l'électrovanne des trois sous-zones : la sous zone où l'incendie se produit et les deux adjacentes (une de chaque côté).

Selon les exigences du fabricant, la galerie technique doit être divisée en zones de moins de 30 mètres chacune sur toute sa longueur. Elle sera donc subdivisée en six partitions, ce qui fait six sous-zones dans chaque zone.

Les canalisations de brouillard d'eau principales provenant de la station de pompage sont installées tout au long de la galerie technique. La conduite d'eau principale doit être remplie d'eau et maintenue sous pression de contrôle de 20 bars ou  $20 \times 10^5$  Pascal en cas de stand-by. Un tuyau de branchement primaire doit être branché à la canalisation principale dans chaque zone et isolé avec une vanne munie d'un interrupteur de contrôle. Cette branche primaire va alimenter les six branches secondaires qui fournissent de l'eau aux six systèmes de déluge dont chacun sera lié aux canalisations qui alimentent les buses en eau. Ces buses sont installées de sorte que la distance entre deux buses ne dépasse pas les trois mètres et que la distance maximale entre une buse et le mur soit de 1.5 mètre.

#### Comment ce système fonctionne-t-il en cas d'incendie ?

Dans ce système, les principaux tuyaux venant des pompes sont toujours remplis d'eau pressée sous une pression de 20 bars ou  $20 \times 10^5$  Pa et maintenue dans cet état grâce à « la pompe de Jockey » et l'accumulateur. Les petites variations de pression sont réglées par cette pompe. Après la détection de la fumée et de la chaleur par les détecteurs de la galerie technique, un signal est envoyé au FACP. Ce dernier donne l'ordre aux électrovannes d'ouvrir et de laisser l'eau passer par les canalisations primaires jusqu'aux zones vannes. Un

second signal est envoyé par le FACP au compresseur qui démarre et comprime l'air jusqu'à atteindre la pression convenable pour ouvrir le clapet de chaque zone vanne. Après l'ouverture de ces zones, la pression du système va chuter jusqu'au-dessous de 20 bars ou  $20 \times 10^5$  Pascal. Le dispositif de surveillance de pression et de débit de la pompe va détecter cette perte de pression et essayer de la régler à l'aide de la « pompe Jockey ». Vu que la chute de pression est remarquable, cette pompe n'arrive pas à la régler, d'où la nécessité du fonctionnement des pompes électriques principales afin d'assurer la pression désirée de 100 bars à la buse la plus éloignée avec le débit adéquat. La pression et le débit sont surveillés en permanence par les capteurs et le compteur du débit.

Lorsqu'un incendie se produit un signal doit être transféré à d'autres unités concernées (système de ventilation à titre d'exemple) qui vont agir contre le feu en arrêtant la ventilation de la région.

### **3.3 Les différents systèmes de brouillard d'eau.**

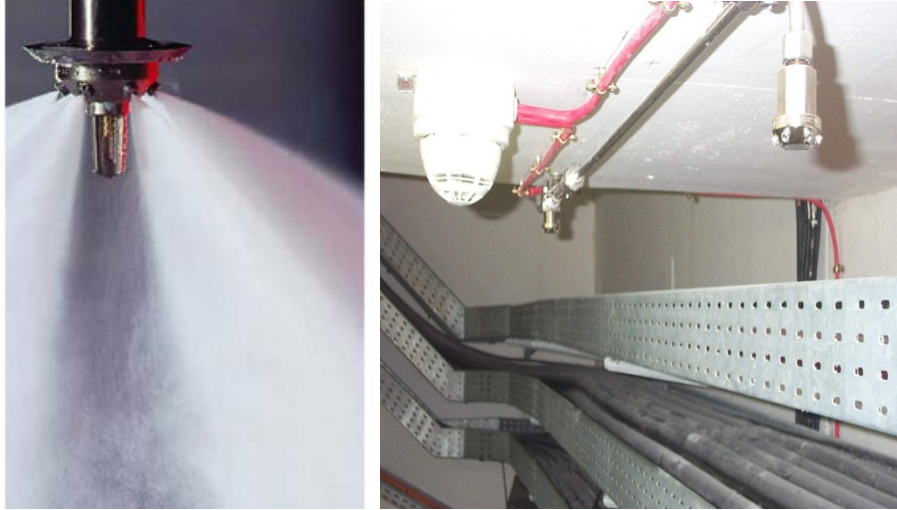
Le système de brouillard d'eau utilise de l'eau sous pression qui varie entre 100 et 140 bar. L'eau sous pression atteint le feu à travers des buses très fines qui peuvent être :

- Automatiques
- Non automatiques (ouvertes)

Dans notre cas les buses utilisées sont de type ouvert. La pression minimale à l'about de ces buses doit être égale à 100 bar ou  $100 \times 10^5$  Pascal.

Ci-dessous une figure de ce type de buses





Les très fines gouttes d'eau permettent le refroidissement de la flamme, le déplacement de l'oxygène par la vapeur d'eau, et la diminution de la chaleur.

Il existe trois types de système brouillard d'eau :

- Système déluge : on emploie des buses ouvertes reliées à des tuyaux d'eau. Ceux-ci sont connectés à des vannes de contrôle qui sont activées suite à une détection envoyée par les détecteurs situés dans les mêmes régions que les buses
- Système des tuyaux humides : on utilise des buses automatiques connectées aux réseaux de tuyaux sous pression
- Système pré-action : on utilise des buses automatiques qui ne sont pas connectées directement à des tuyaux humides mais à des tuyaux contenant des gaz. Une détection indépendante est installée dans la même région des buses

Dans notre cas on utilise un système déluge.

### 3.4 La description du système et le calcul

Le système FOG sera étudié en respectant les codes du NFPA 750 « Standard for Water MistFire protection systems » et les besoins du fabricant.

Les tuyaux, coudes et joints sont tous en acier galvanisé « Schedule 80, stainless steel pipes » qui est une matière efficace et peut résister aux grandes pressions.

Comme déjà cité dans le chapitre 1, on utilise le système en brouillard d'eau dans les régions suivantes :

- Galerie technique de la région 7
- Chambres de générateurs A1-B2-011 & A1-B2-031
- Chambres de carburants (Fuel room) A1-B2-012

### 3.4.1 La base de notre étude

La galerie technique sera divisée en plusieurs zones et la longueur de chaque zone est de 30 mètres au maximum. Chaque zone sera protégée par un système déluge avec des robinets indépendants qui assurent l'évacuation de l'eau à travers des canalisations fixes en utilisant des buses spécifiques. Ces buses seront espacées l'une de l'autre de 3m au maximum et de 1.5m au maximum du mur.

La détection de la fumée dans n'importe quelle zone provoque l'activation de cette zone et des deux zones adjacentes. Pour cela il faut qu'on assure un débit convenable pour les trois zones lointaines avec une pression de 100 bar ou  $100 \times 10^5$  Pascal minimum à la buse la plus loin, et qu'on ne dépasse pas une perte de pression de plus que 20 bar ou  $20 \times 10^5$  Pa dans tout le système avec une viscosité qui ne dépasse pas les 6.096m/s.

On va trouver les pertes de charge dans les trois zones les plus éloignées de la pompe.

Comme chaque zone est de longueur maximum de 30 m et la distance maximale entre les buses de 3m, on place donc 10 buses avec 2 colonnes, donc on a 20 buses dans chaque zone.

Le nombre total de buses :  $20 \text{ bus} \times 3 \text{ zones} = 60 \text{ bus}$ .

D'après FOGTEC le fabricant, il faut assurer 7 l/min pour chaque buse ce qui fait un débit maximum :  $Q_{\max} : 7 \text{ l/min} \times 60 = 420 \text{ l/min}$ .

Pour trouver la pression à la pompe, on fait recours à un calcul inverse comme on sait la pression à la buse la plus lointe (100 bar ou  $10^7$  Pa).

Pour trouver cette pression il faut décomposer le système en nœuds et calculer la pression à chaque nœud afin d'obtenir la pression à la pompe.

### 3.4.2 Comment on calcule les pertes de charges ?

Les pertes de charges ou d'énergie sont de deux types :

- a. Linéaires (régulières)
- b. Singulières.

- a. Les pertes de charges linéaires :

Elles sont dues à la longueur du trajet parcourue=>la longueur d'installation.

On les calcule par les formules suivantes :

$$\text{Perte de charge en énergie (joule/Kg)} J_l = \frac{\lambda l v^2}{2d}$$

$$\text{Perte de charge en pression (Pa)} dP = \frac{\lambda \rho l v^2}{2d}$$

$\lambda$  : le coefficient de pertes de charges linéaires.

$l$  : la longueur d'installation (m).

$v$ :la vitesse moyenne (m/s).

$d$ : le diamètre du tube (m)

$\rho$  : La masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

Calcul de  $\lambda$  :

$\lambda$  dépend de Re

- Si l'écoulement est linéaire Re = 2000

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{les filets des fluides sont presque parallèles à l'axe du tube})$$

- Si l'écoulement est turbulente rugueux Re > 10<sup>5</sup>  $\lambda = 0.79 \sqrt{\frac{\epsilon}{d}}$

$\epsilon$  : la rugosité du tube (mm)

$d$  : le diamètre du tube (mm)

Re ou le régime d'écoulement est la nature de l'écoulement qui sera détenue en trouvant un nombre appelé « nombre de Raynolds ». C'est un nombre sans dimension

dont la formule est donnée par  $Re = \frac{vd}{\gamma}$

Avec :  $v$  : la vitesse moyenne du fluide (m/s)

$d$  : la largeur de l'écoulement (M) (diamètre)

Material	Condition	$\epsilon$	
		ft	mm
Steel	Sheet metal, new	0.00016	0.05
	Stainless, new	0.000007	0.002
	Commercial, new	0.00015	0.046
	Riveted	0.01	3.0
	Rusted	0.007	2.0
Iron	Cast, new	0.00085	0.26
	Wrought, new	0.00015	0.046
	Galvanized, new	0.0005	0.15
	Asphalted cast	0.0004	0.12
Brass	Drawn, new	0.000007	0.002
Plastic	Drawn tubing	0.000005	0.0015
Glass	—	Smooth	Smooth
Concrete	Smoothed	0.00013	0.04
	Rough	0.007	2.0
Rubber	Smoothed	0.000033	0.01
Wood	Stave	0.0016	0.5

Dans le cas de notre étude l'écoulement est linéaire.

L'autre type de perte de charge linéaire c'est la perte de charge statique due à la hauteur entre 2 points qui dans notre cas a un effet négatif. Comme la pompe se trouve dans les niveaux bas et les buses dans des niveaux plus hauts.

D'après Bernoulli on sait que :

$$dP = P_2 - P_1$$

$$= \rho g h_2 - \rho g h_1$$

$$= \rho g (h_2 - h_1)$$

Si on prend le niveau  $h_1 = 1,5\text{m}$  et  $h_2 = 18,5\text{m}$

$$\text{Donc } dh = h_2 - h_1$$

$$= 17\text{m}$$

$\rho$ : masse volumique de l'eau ( $1000\text{kg/m}^3$ )

$G$ : accélération de la pesanteur ( $10\text{N/kg}$ )

$$\Leftrightarrow dP = 1000\text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg} \times 17\text{m}$$

$$= 170000\text{ Pa}$$

$$= 1,7 \cdot 10^5\text{ Pa}$$

$$= 1,7\text{ bar}$$

Donc la différence de hauteur entre ces deux points seul a produit une perte de pression  $1,7 \times 10^5\text{ Pa}$ .

b. Les pertes de charges singulières (Js).

Elles sont dues au changement de section (d) ou de direction (Té, croix, coudes...).

On calcule les pertes de charges singulières par la formule suivante :

$$\text{Pertes de charges en énergie (joule/kg)} J_s = \frac{kV^2}{2}$$

$$\text{Pertes de charges en pression (Pa)} dP = \frac{k\rho V^2}{2}$$

$\rho$  : La masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

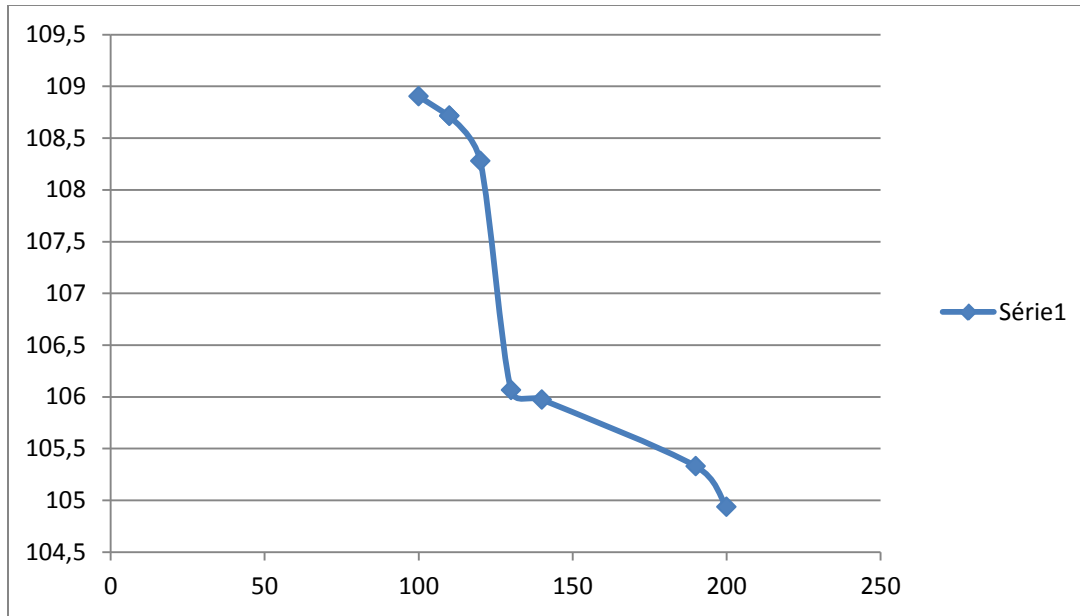
$k$  : le coefficient de pertes de charges singulières qui sera donné par le tableau dans l'annexe B.

Pour trouver les pertes de pression dans ce système il faut décomposer ce système en plusieurs nœuds afin de trouver la pression nécessaire que la pompe doit fournir.

Dans l'annexe C se trouve la décomposition du system en nœuds.

Ci-dessous un tableau déterminant la pression a quelques nœuds avec un graphe significatif de la perte de pression.

Numéro du Tuyau	Nœuds (Start End)	Diamètre du tuyau (mm)	Débit (L/min)	Longueur (m)	Angle	Hauteur (M)	Longueur équivalente (m)	Pression (bar)
1	100	50	420.6	1.5	up	1.5	1.95	108.903
	110				90			108.714
2	110	50	420.6	18	180	0	20.27	108.714
	120							108.279
4	130	50	420.6	17	270	17	19.27	106.066
	140							105.974
10	190	50	420.6	16	0	0	18.27	105.33
	200							104.938
60	1370	20	21	3	0	0	3	100.437
	1390							100.416
100	2330	20	7	0.1	Dn	0.1	1.92	100.236
	2340				-90			100.244
150	3370	20	21	3	0	0	3	100.024
	3390							100.003
161	3430	20	7	0.1	Dn	0.1	1.01	99.991
	3440				-90			100



Pour un calcul bien détaillé on a fait recours à un logiciel qui s'appelle « CANUTE » dont on peut voir tous les résultats (nœuds par nœuds) dans l'annexe D.

### 3.4.3 Système d'air comprimé.

Comme c'est déjà mentionné dans le calcul du système de brouillard d'eau hydraulique, le système est conçu pour fournir le débit d'eau nécessaire pour les trois sections les plus éloignées du tunnel en même temps. Ainsi, le système d'air comprimé doit être conçu pour activer les trois vannes de ces sections.

Lorsque les trois zones vannes sont activées, il n'y a pas de consommation d'air. Le seul travail de l'air est de déplacer les pistons pour ouvrir les zones vannes afin de permettre le passage de l'eau à travers les tuyaux jusqu'aux buses.

Selon le fabricant des systèmes de brouillard d'eau « FOGTEC », la pression nécessaire pour pouvoir faire déplacer le piston de la vanne est de 6 bar = 87 PSI =  $6 \times 10^5$  Pa.

#### Proposition

Nous supposons que, pour faire déplacer le piston, on a besoin d'une quantité de 1L d'air avec un temps de réponse maximal d'une seconde.

Ainsi chaque vanne aura besoin d'un débit de 1L/s avec une pression de 6 bar = 87 PSI pour son fonctionnement.

### Calcul

Dans le cas où on aura les trois vannes activées, la demande totale sera :

$$3 \times 1\text{L/s} = 3\text{L/s} = 6.36 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Pression } 87 \text{ PSI} = 6 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

Notre sélection sera basée sur le tableau 14.18 de l'annexe E. Ce tableau est basé sur les tuyaux en acier 40 à une pression d'environ 100 PSI.

Au début, nous trouvons le débit équivalent standard (scfm). Ce débit est calculé à la pression atmosphérique selon l'équation suivante :

$$P_0 V_0 = P_1 V_1$$

$$P_0 : \text{la pression atmosphérique} = 14.5 \text{ PSI} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_0 : \text{le débit standard (cfm)}$$

$$P_1 : \text{la pression du travail} = 100 + 14.5 = 114.5 \text{ PSI} = 7.9 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 : \text{le débit à la pression du travail.}$$

Donc d'après la formule on aura :

$$V_0 = \frac{P_1 V_1}{P_0} = \frac{114.5 \text{ PSI} \times 6.36 \text{ cfm}}{14.5 \text{ PSI}} = 50.2 \text{ scfm} = 23.7 \text{ L/s}$$

En utilisant le tableau 14.18 dans l'annexe E et pour un débit de 50.25 scfm avec un diamètre de tuyau de 1'' (25 mm), la chute de pression de l'air est 0.513 PSI/100 ft.

La longueur totale des tuyaux du compresseur aux trois zones les plus lointaines est d'environ 400 m (en prenant 20% comme facteur de sécurité) = 1300 ft.

Donc la chute de pression totale sera :



$$\frac{0.513 \text{ PSI} \times 1300 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} = 6.67 \text{ PSI} = 0.46 \times 10^5 \text{ Pa}$$

La pression de travail est 87 PSI.

$$\frac{6.67}{87} \times 100 = 7.6\% < 10\% \text{ ce qui est acceptable.}$$

Mais comme la galerie technique n'est ni refroidie ni ventilée mécaniquement, sa température relative varie jour et nuit entre le minimum et le maximum (en supposant qu'elle varie entre 15 à 35°C).

Nous allons calculer la perte de charge approximative par rapport à une température de 35°C à l'aide des données du tableau 14.18 et de l'équation des gaz parfaits.

$$\underline{A \ 60^{\circ}\text{F} = 15.5^{\circ} = 288.5 \text{ K}^{\circ}}$$

$$P_0 V_0 = nRT_0 \text{ (avec } n=1 \text{ mole)}$$

$P_0$  : la pression atmosphérique

$V_0$  : le débit standard

$R$  : la constante des gaz parfaits

$$T_0 : \text{ la température} = 15^{\circ}\text{C} = 288.5^{\circ}\text{K}$$

$$\underline{A \ 35^{\circ}\text{C} = 308^{\circ}\text{K}}$$

$$P_0 V_1 = RT_1$$

$$P_0 : 14.5 \text{ PSI} = 10^5 \text{ Pa}$$

$V_1$  : le débit équivalent de 50.2 cfm à 35°C (à calculer)

$R$  : la constante de gaz parfaits

$$T_1 : 35^{\circ}\text{C} = 308^{\circ}\text{K}$$

Divisons l'équation (2) sur (1) :

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{T_1}{T_0} \Rightarrow V_1 = \frac{V_0 T_1}{T_0} = \frac{50.2 \text{ cfm} \cdot 308^0 \text{ k}}{288^0 \text{ k}} = 53.593 \text{ scfm} = 25.3 \text{ L/s}$$

En utilisant le tableau 14.18, on fait une interpolation entre les valeurs 50 et 60 scfm.

50 scfm	0.513 (PSI/100ft)
53.593 scfm	X
60	0.739 (PSI/100ft)

$$\text{Donc : } \frac{53.593-50}{60-50} = \frac{X-0.513}{0.739-0.513}$$

$$\Leftrightarrow X = 0.5942 \text{ PSI/100ft}$$

Pour une longueur de tuyau maximale de 1300 ft, la perte de pression totale est :

$$\frac{0.5942 \text{ PSI}}{100 \text{ ft}} \times 1300 \text{ ft} = 7.7 \text{ PSI} = 0.53 \times 10^5 \text{ Pa} < 10\%, \text{ donc elle est acceptable.}$$

#### 3.4.4 Le calcul de la perte de pression dans les tuyaux d'air selon le logiciel

Pour trouver les pertes de pression dans le système, il est nécessaire de trouver la longueur des tuyaux équivalentes à partir du compresseur jusqu'au point le plus éloigné dans le système de tuyauterie. La raison est que la variation du dimensionnement des tuyaux a pour rôle de baisser la pression. Donc il faut qu'on trouve d'abord la longueur réelle des tuyaux puis les effets des équipements doivent être pris en considération. Tous les raccords et les robinets créent un obstacle à l'écoulement d'air. Ce degré de l'obstruction a été converti en une longueur équivalente de tuyau afin de rendre le calcul plus facile. Un tableau a été élaboré pour indiquer la longueur du tuyau équivalente à chaque type d'obstacle. À la fin de ce calcul préliminaire on va ajouter 50 pour cent de la longueur mesurée afin de donner une approximation conservatrice de la longueur.

Après la détermination de la chute de pression réelle qui se produit dans le système de tuyauterie, Une perte de 10 pour cent de la pression du système est acceptable. Cette valeur est due aux frottements. Ainsi pour un système de 125 PSI, une valeur de 10 à 12 PSI sera autorisée. Une petite différence dans la taille des tuyaux peut conduire à une perte de charge

assez remarquable. Il est considérable de ne pas aller à la limite de 10 pour cent pour garder une marge de pertes à des futures connexions.

La dimension du tuyau a été calculée selon le débit et la perte de charge dans chaque section de la canalisation.

Comme le calcul de perte de charge sera étudié pour une longueur de 100ft (33 m). La température utilisée pour calculer la perte de charge est 60°F (15°, 6°C).

La perte de charge sera calculée selon la formule suivante :

$$P = Q \frac{FV^2}{2GD}$$

Avec P : La perte de pression due au frottement (PSI/100ft)

F : Le facteur de perte de pression

V : La viscosité (m/s)

G : L'accélération de la pesanteur (9.81m/s<sup>2</sup>)

D : Le diamètre du tuyau (m)

Q : Le poids de l'air (kg/m<sup>3</sup>)

## 4. CHAPITRE 4

### LA CHAMBRE TECHNIQUE

#### 4.1 Introduction

Les éléments constituant la chambre de pompage sont les suivants :

- Les réservoirs d'eau
- Les tuyaux
- Deux pompes électriques
- Une pompe « Jockey »
- La soupape de surpression (Pressure relief Valve)
- La vanne d'isolement (Isolation valve)
- Le clapet anti-retour (Non return valve)
- Une vanne ordinaire (Gate Valve)
- Le Clapet d'alarme (Alarm check valve)

On distingue à la sortie de chaque réservoir des tuyaux qui sont directement attachés aux pompes électriques et à la pompe jockey. La vanne d'isolement a pour rôle d'isoler l'eau des pompes en cas de maintenance. A la sortie des pompes on trouve des clapets anti-retour qui ont pour rôle de bloquer le retour de l'eau aux pompes. Des tuyaux de drainage ou de vidange sont liés aux tuyaux de canalisation principale. Ces tuyaux sont connectés aux réservoirs. En cas de haute pression et pour éviter des problèmes dans la canalisation et pour rendre le système fiable, la soupape de la surpression s'ouvre et laisse l'eau passer aux réservoirs de nouveau. Toujours une petite quantité d'eau va passer aux tableaux de réglage pour enregistrer la pression du système.

#### Comment ce système fonctionne-t-il ?

La pression du système sera toujours réglée à une valeur donnée. Le rôle de la Pompe Jockey est de régler cette pression, donc une petite fuite du système ou une chute de pression sera captée par le tableau électrique, qui va donner l'ordre à la pompe Jockey de travailler et de pomper le système pour le garder à la pression demandée. Une grande chute

de pression due à un incendie dans une région, nécessite le fonctionnement de la pompe électrique pour régler la pression.

Une haute pression dans le system due à un mal fonctionnement des pompes sera réglée par la soupape de surpression qui s'ouvre et laisse une partie d'eau passer de nouveau aux réservoirs. Le clapet d'alarme a pour rôle de signaler la pression et le débit d'eau passant à travers les tuyaux et de bloquer le retour de l'eau aux pompes.

#### 4.2 Les réservoirs

Les réservoirs d'eau sont installés dans la région technique de la zone 4. Ces réservoirs sont alimentés par l'eau d'après les canalisations principales du projet. Cette alimentation doit être continue et surtout dans le cas d'incendie même si d'après notre calcul on prévoit un bagage d'eau suffisant avec les réservoirs nécessaires.

Les réservoirs d'eau doivent être capable de fournir de l'eau pendant une durée d'au moins 30 minutes en cas d'incendie dans les pires conditions pour les tunnels de longueur inférieur de 500 mètres et d'au moins une heure pour les tunnels de longueurs supérieure à 500 mètres. Cela sera suffisant pour fournir l'eau nécessaire à éteindre les incendies.

Le volume des réservoirs sera calculé selon la formule suivante :

$$V = t \cdot Q$$

- Avec :
- V : Volume du réservoir (Litre)
  - t : Maximum du temps d'activation (minute)
  - Q : Le débit maximal (Litre/minute)

Dans notre étude on a un tunnel de longueur moins de 595 mètres donc on a besoin de volume d'eau pour 60 minutes selon les normes citez ci-haut et un débit maximal de 420 L/min.

Mais comme c'est impossible d'avoir un incendie tout au-long de cette tunnel on va prendre un temps de 45 minutes maximum ce qui fait d'après la formule un volume de :

$$\begin{aligned} V &= 420\text{L}/\text{min} \times 45\text{min} \\ &= 18900\text{L} \end{aligned}$$

Donc on va utiliser un réservoir de 18000 Litres, mais d'après le fabricant on n'a pas ce type de réservoirs donc on a besoin d'utiliser 6 réservoirs chacun de 3000L ce qui fait 18000 litres d'eau.

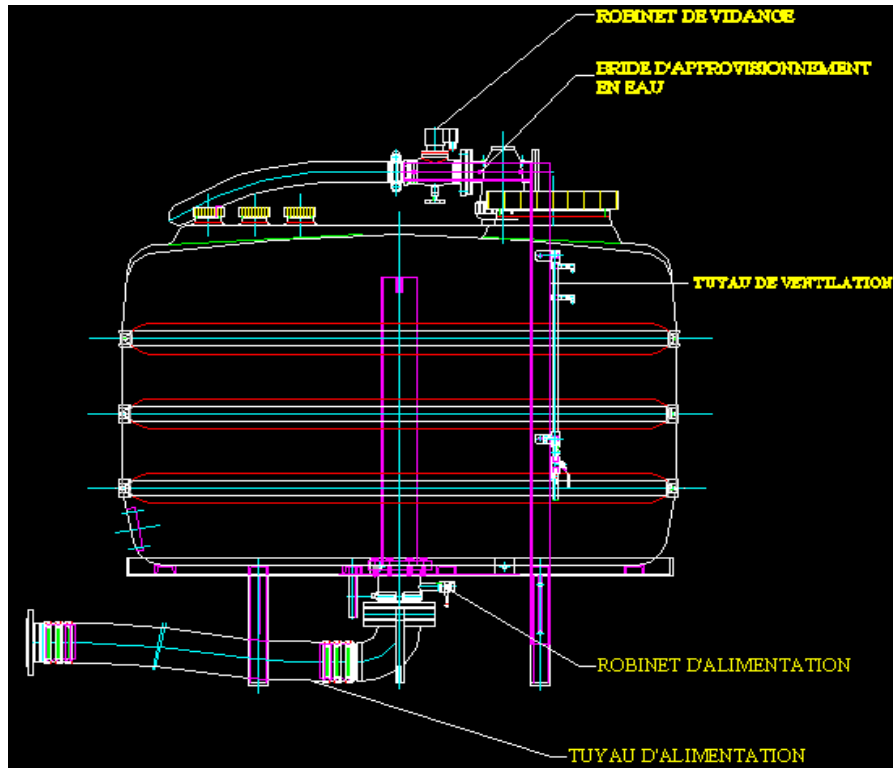
- a. Les réservoirs d'eau doivent être en acier inoxydable, ou acier en carbone, réservoir en plastique ou béton pour éviter la contamination de l'eau de rouille ou de particules de la structure du réservoir lui-même.

Les réservoirs seront surveillés pour les conditions suivantes:

- Le niveau d'eau
  - La température de l'eau (pour les réservoirs situés dans des endroits non chauffés)
- b. Le support doit assurer la bonne installation du réservoir, ainsi un niveau convenable pour l'alimentation des pompes. A l'entrée du réservoir on trouve un tuyau d'alimentation, un tuyau de connexion et une électrovanne qui a pour rôle d'arrêter le flux d'eau quand le réservoir sera plein.
  - c. Les appareils de mesure : il s'agit notamment de capteurs, capteurs de pression et un débordement de secours. Ces dispositifs contrôlent l'eau dans le réservoir afin d'assurer que le niveau d'eau est capable d'alimenter les pompes sans danger. Le rôle du débordement est d'empêcher la surpression du réservoir et de l'aérer au cours d'un niveau d'eau basse.

Les réservoirs doivent être munis d'un robinet de vidange. Un autre robinet sera placé à la sortie du réservoir pour la maintenance. Ils doivent être munis d'un tuyau de ventilation pour éviter les sur/sous pression. Cette ventilation doit être protégée par un filtre d'aération pour empêcher l'infiltration des particules dans le réservoir.

Ci-dessous une photo d'un réservoir avec ces constituants :



### 4.3 Comment choisit on les pompes convenables

Puisque le débit nécessaire pour protéger les tunnels est très grand, cela nécessite un calcul de types de pompes différent de celui calculé pour les pompes ordinaires.

Le système des pompes est constitué d'une ou de plusieurs pompes qui sont entraînées par des moteurs électriques ou en diesel. La capacité totale de la pompe doit être égale à 110% de la quantité d'eau nécessaire pour alimenter la zone de protection en eau (la zone à protéger et les 2 adjacentes).

En utilisant la formule suivant on trouve le débit :

$$Q = 1.1 n_{\text{nuzzles}} K_v \sqrt{P_{\text{min}}}$$

Avec : Q : Le débit (L/min)

$n_{\text{nuzzles}}$  : Le nombre de buses activées

$K_v$  : K-factor pour la buse ( $l/m\sqrt{\text{bar}}$ )

$P_{\min}$  : La pression minimum à la buse (bar)

Le nombre de buses active  $n=60$

La pression minimale à la buse est 100 bar =  $10^7$  Pascal

### Calcul du "K-factor"

Au début de chaque calcul d'eau pour un système de protection contre l'incendie (Brouillard eau, système de sprinkler, système déluge), la formule de "K-factor" doit être connue par tous les ingénieurs. Elle va nous permettre de calculer le flux de décharge de chaque type de buse (Sprinkler, brouillard d'eau, système de déluge).

Nous pouvons calculer le "K-factor" pour tout type de buse quand il n'est pas donné par le fabricant, mais de manière qu'il soit vérifié et acceptable par ce dernier.

La décharge de n'importe quelle tête de sprinkler ou de buse peut être calculée selon la formule suivante :

$$Q = K \times \sqrt{P}$$

Avec : Q : Le Débit (l/min)

K: Le K-factor (L/min /  $\sqrt{\text{bar}}$ )

P: La Pression en bar

$$\Leftrightarrow K = \frac{q}{\sqrt{P}}$$

D'après le fabricant, on a besoin d'un débit de 7 L/min avec une pression à la buse de 100 bar au minimum, ce qui fait:

$$K = \frac{7}{\sqrt{100}} = 0.7 \text{ L/min/ bar}^{0.5}$$

Selon lui on a un "K-factor" = 0.696 donc le débit sera :

$$Q = 0.696 \times \sqrt{100}$$

$$= 6.96 \text{ L/min} \approx 7 \text{ L/min}$$

On utilise alors le type de buse cité dans la première colonne du tableau ci –dessous :



**CRITERIA:**

Options	Detection activated	Delayed detection
Sketch Reference	1	1
Nozzle Type	DK6-02	DK6-03
Nozzle K-factor	0,696	1,704
Nozzle Spacing	3m	2,5m
Distance From Wall	1.5m	1.5m
Nozzle Location	Ceiling	Ceiling
Orientation	Down	Down
Additional Information	Additional row of nozzles if width greater than 3m Delayed detection option allows a delay of up to 15 minutes	

Donc:

$$Q = 1.1 \times 60 \times 0.696 \sqrt{100}$$

$$= 459.36 \text{ L/min} \approx 460 \text{ L/min}$$

Après le calcul du débit total, seulement la valeur du débit effective de la pompe doit être utilisée.

Cela veut dire qu'il faut prendre l'efficacité volumétrique de la pompe en considération.

En utilisant la formule suivante on peut calculer le débit effectif.

$$Q_{\text{effective}} = N_{\text{volumétrique}} \cdot Q_{\text{théorique}}$$

Avec :

$$Q_{\text{effective}} = \text{Le débit effectif de la pompe (L/m)}$$

$$N_{\text{Volumétrique}} = \text{L'efficacité volumétrique (-)}$$

$$Q_{\text{théorique}} = \text{Le débit théorique (L/min)}$$

On sait déjà qu'aucune pompe ne peut donner le même débit à l'entrée et à la sortie. La valeur de la sortie sera toujours plus petite à cause de quelques fuites d'eau dans la pompe.

Donc la valeur de  $N_{\text{volumétrique}} = \frac{Q_{\text{sortie}}}{Q_{\text{entrée}}}$

Dans la pompe utilisée dans notre calcul  $N_{\text{volumétrique}} = 0.98$

Donc  $Q_{\text{effective}} = 460 \times 0.98$   
 $= 450.8 \text{ L/min}$

C'est la valeur du débit réel de cette pompe

Passons maintenant à calculer la puissance électrique de cette pompe pour choisir la pompe convenable à notre étude.

La puissance mécanique effective de la pompe sera:

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{dP}{\rho} \times Q_v \times \rho \\ &= dP \times Q_v \\ &= 108.9 \times 450 \text{ L/min} \\ &= 108.9 \times 10^5 \times 450 \times 10^{-3} / 60 \\ &= 81675 \text{ W} \\ &= 81.675 \text{ KW} \end{aligned}$$

D'après la puissance mécanique effective nous pouvons trouver la puissance électrique de la pompe

$$\eta_e = \frac{P_m}{P_e}$$

Avec  $\eta_e$  : le rendement électrique de la pompe = 0.9

$$\Leftrightarrow P_e = \frac{P_m}{\eta_e} = \frac{81.675}{0.9} = 90.75 \text{ KW}$$

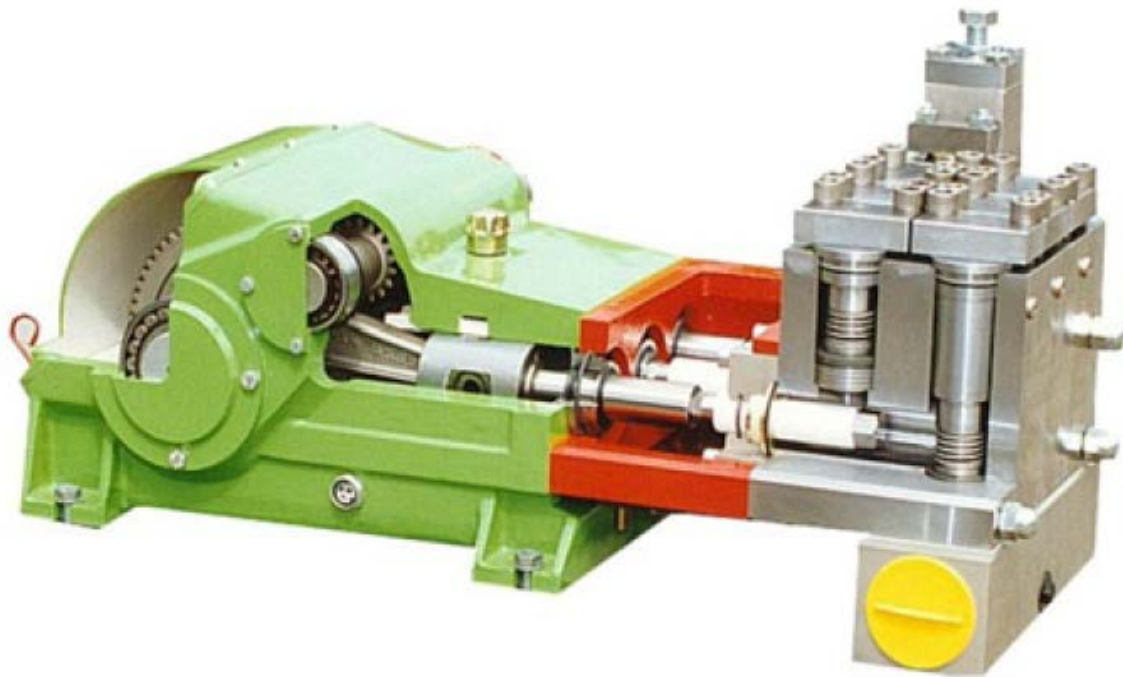
Donc d'après le tableau suivant on choisit la pompe 'K 16000M' qui a un débit et une pression convenable et une puissance électrique inférieure à 200 KW ce qui nécessite pas l'utilisation de plusieurs pompes. Donc on peut utiliser une seule pompe et une autre en mode stand-by

Ci- dessous le type de la pompe utilisée et ses caractéristiques

Type	Q max. l/min (at p in bar)	p max. bar (at Q in l/min)	P max. kW	Driven with ratio	Weight kg
K 108	4(1500)	2000 (2)	12	intermediate gear	22,5
K 4500	232(100)	1530 (15)	45	V-Belt driven	195
K 8000	283 (135)	2150 (18)	75	2,75 ; 3,22 ; 3,68	225
K 9000	283 (150)	2300 (18)	90	2,75 ; 3,22 ; 3,68	240 (255)
K 10000	321 (180)	2500 (23)	110	3,76 ; 4,13 ; 4,50 ; 4,93	385
K 11000	387 (145)	1630 (35)	110	3,14 ; 3,39 ; 4,13 ; 4,50 ; 4,93	370
K 13000	423 (155)	1750 (38)	130	3,14 ; 3,39 ; 3,76 ; 4,13 ; 4,93	385 (400)
K 16000	445 (180)	2000 (40)	160	3,00 ; 3,14 ; 3,39 ; 3,76 ; 4,13 ; 4,93	390 (405)
K 20000	957 (105)	2000 (51)	200	3,50 ; 4,04 ; 4,62 ; 5,44	850
K 25000	1148 (115)	2130 (62)	250	3,33 ; 3,50 ; 4,04 ; 4,62 ; 5,44	865 (885)
K 30000	1116 (145)	2100 (71)	300	3,39 ; 4,05 ; 4,76 ; 5,25	1200 (1220)
K 35000	1310 (140)	2000 (84)	350	3,39 ; 4,05 ; 4,76 ; 5,25	1220
K 40000	1310 (155)	2000 (98)	400	3,39 ; 4,05 ; 4,76 ; 5,25	1220
K 55000	2363 (120)	2000 (123)	550	4,76 ; 5,72 ; 6,35	3350

### Pumps with M-Head for Coal Mining

K 9000 M	p max. = 500 bar	Q max. = 150 l/min	P max. = 90 kW
K 13000 M	p max. = 440 bar	Q max. = 423 l/min	P max. = 130 kW
K 16000 M	p max. = 400 bar	Q max. = 445 l/min	P max. = 160 kW
K 25000 M	p max. = 415 bar	Q max. = 537 l/min	P max. = 250 kW
K 30000 M	p max. = 425 bar	Q max. = 606 l/min	P max. = 300 kW
K 35000 M	p max. = 420 bar	Q max. = 711 l/min	P max. = 350 kW

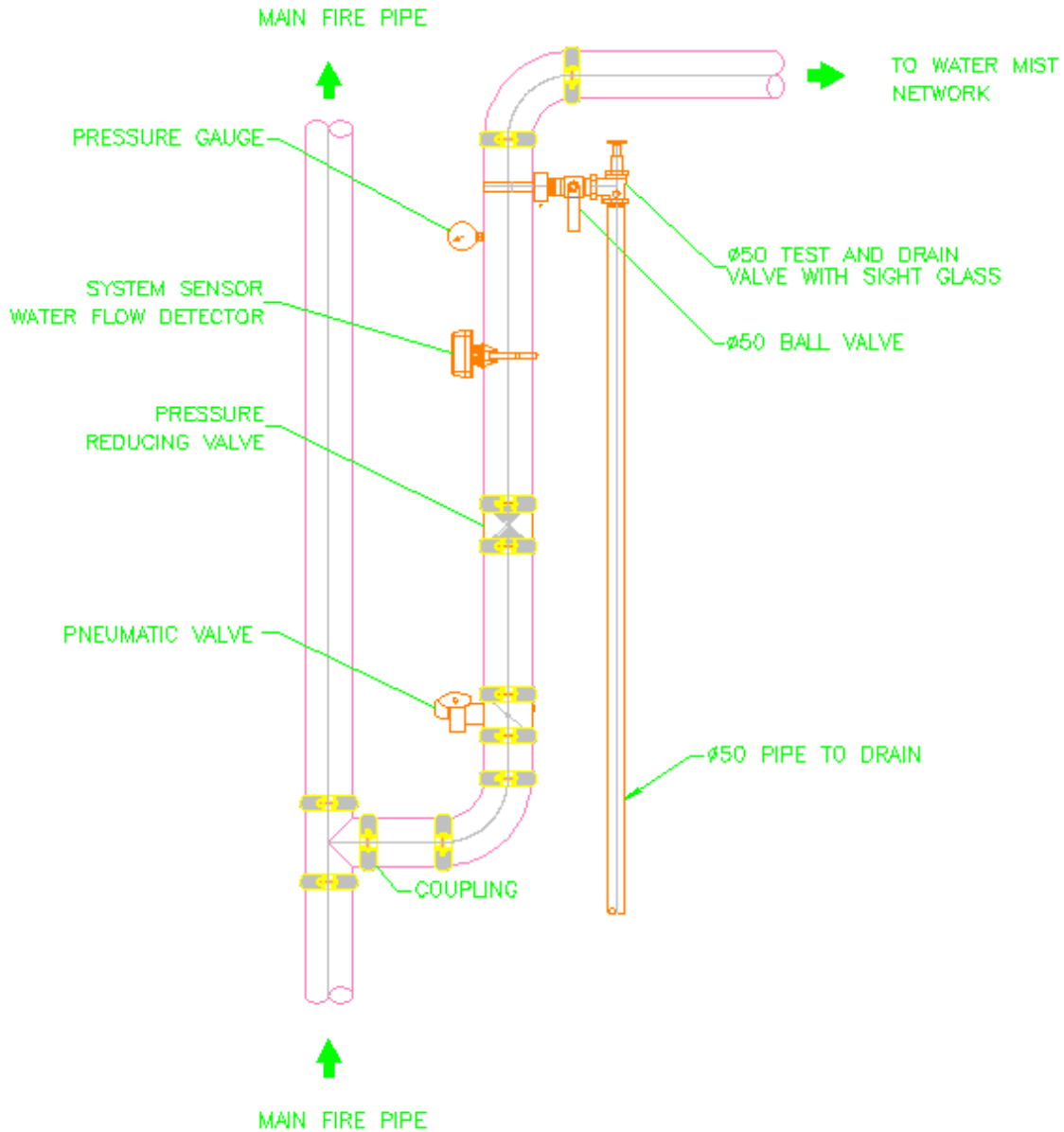


Le type de pompe recommandé pour la plupart des applications dans les tunnels est la pompe à piston triplex, pour leurs capacités à fournir un débit très grand et à répondre aux besoins des tunnels. Ainsi la pression élevée constante, les conditions d'aspirations et les exigences de filtration faible, sont les avantages de ce type de pompes.

Il est toujours recommandé dans les systèmes d'incendie d'avoir le potentiel d'offrir le 100% du travail du système même si la pompe tombe en panne. D'où l'exigence d'avoir toujours deux pompes identiques, une qui fonctionne et l'autre en mode de stand-by.

#### 4.4 Les vannes utilisées

##### Zone Valve

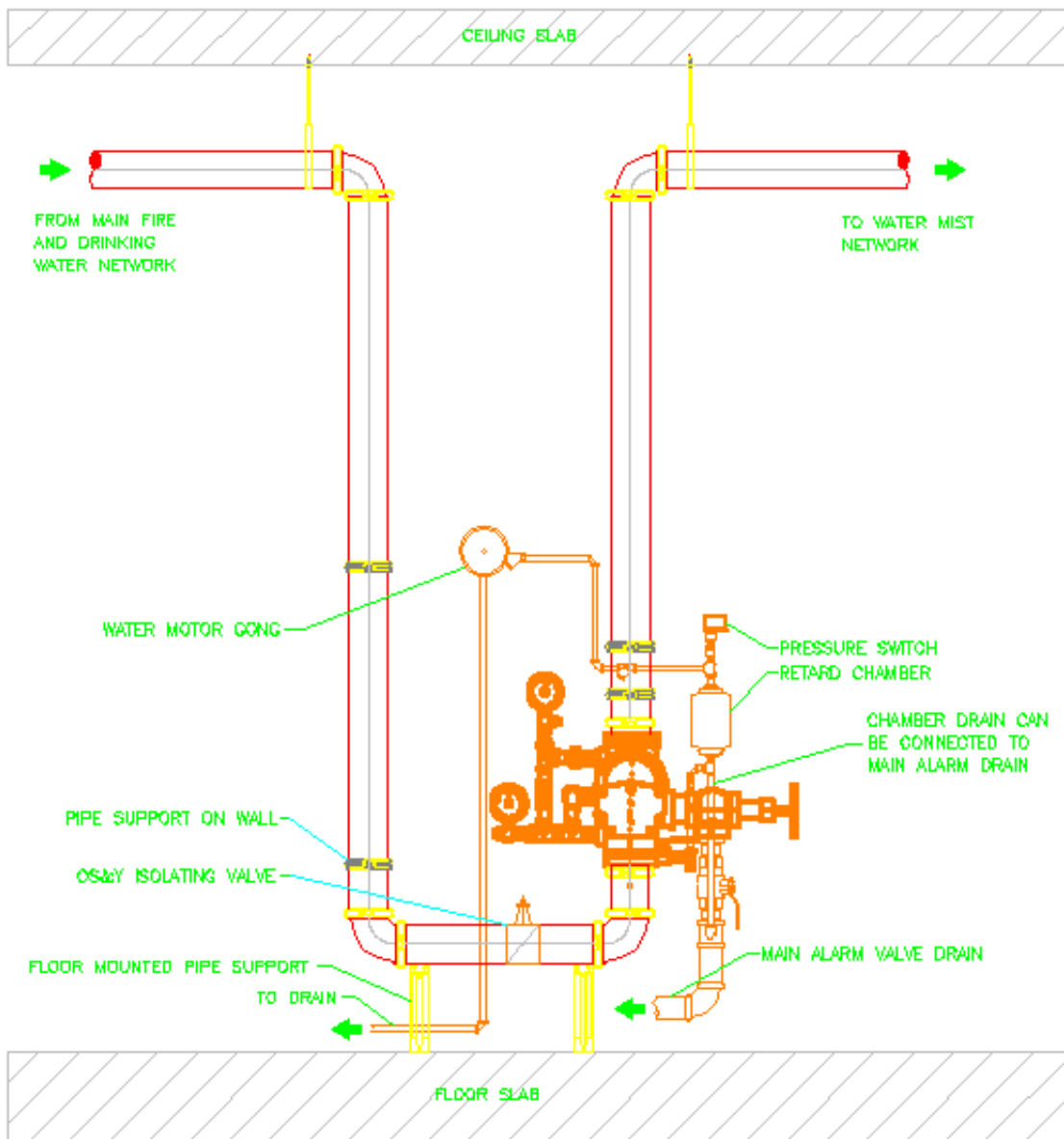


Les différents éléments représentant cette vanne sont annotés sur la figure ci-dessus.

- Système sensorwater flow detector : A pour rôle de détecter le débit d'eau passant à travers cette vanne.
- Pressure gauge : c'est le manomètre qui a pour rôle de mesurer la pression de fluide traversant cette vanne

- Pressure reducing valve : c'est une vanne qui a pour rôle de diminuer la pression de l'eau quand il est nécessaire pour protéger les éléments connectés.
- Test & drain withsight glass : c'est une vanne utilisée dans le cas où on veut tester le système ou vider l'eau de la vanne.
- Pneumatic valve : C'est la vanne qui est connectée au tuyau d'air venant du compresseur.

### Alarm Check Valve



Les éléments constituant cette vanne sont les suivants :

- OS8Y valve : le rôle de cette valve est de régler l'eau manuellement à l'entrée de la vanne.
- Pressure Switch : Dans le cas d'augmentation de la pression, un signal sera envoyé au FACP.
- Retard Chamber : Si un petit débit va traverser la vanne, une petite quantité d'eau entrera dans cette chambre dans le but d'empêcher l'eau de traverser la sonnerie d'alarme.
- Water motorcong: une sonnerie d'alarme qui va sonner dans le cas où le débit de l'eau augmente ce qui signale que les pompes fonctionnent et qu'il y a détection d'incendie.

#### 4.5 Le compresseur

On va utiliser un compresseur d'air Ingersoll Rand a un etage

Ces modeles a un seul Etage compriment l'air à sa pression finale en un seul mouvement. On les utilise généralement pour des pressions allant jusqu'à 11 bar.

Les avantages de ces compresseurs

- La transmission à courroie est un système fiable et a moindre échauffement
- Cylindres en fonte pour une longue durée de vie de la pompe. Offrent une grande stabilité thermique et une plus longue durabilité.
- Protection thermique du moteur manuelle. Ne requiert pas de démarreur.
- Piston à jupe avec segments. Plus robuste et meilleure étanchéité.

Le nom commercial des compresseurs est le « T30 » et ci-dessous une photo de ce compresseur.



On va choisir le compresseur T30/200/3V du tableau ci-dessous :

Modèle	Moteur kW	Moteur CV	Pression max. bar (eff)	Réservoir litres	Déplacement du piston l/min	Déplacement du piston cfm	Dimensions LxH (cm)	Poids kg
T30/200/3 V	2.2	3.0	11	200	290	10.2	162 x 68 x 122	140
T30/X/3 V	2.2	3.0	14	-	290	10.2	125 x 80 x 85	90
T30/200/4 V	3.0	4.0	11	200	387	13.7	162 x 68 x 122	145
T30/X/4 V	3.0	4.0	14	-	362	12.8	125 x 80 x 85	95
T30/200/5.5 V	4.0	5.5	11	200	523	18.5	162 x 68 x 122	170
T30/X/5.5 V	4.0	5.5	14	-	523	18.5	125 x 80 x 85	115
T30/200/7.5 V	5.5	7.5	11	200	702	24.8	162 x 68 x 122	180
T30/X/7.5 V	5.5	7.5	14	-	657	23.2	125 x 80 x 85	135

#### 4.6 Les détecteurs



Ce détecteur est du type "combiné". Il cumule en un seul point de détection deux technologies de détection d'incendie :

Détection optique de fumée particulièrement adaptée aux feux couverts qui dégagent une fumée froide et visible (forte granulométrie 0,3mm à 2mm)

Détection de chaleur particulièrement adaptée aux feux ouverts qui dégagent de la chaleur (la fumée étant très fine ; faible granulométrie 0,05 $\mu$ m à 0,3 $\mu$ m)

Chacune d'entre-elles pouvant individuellement passer en alarme.



La détection optique de fumée est assurée en analysant une atmosphère par réflexion d'une lumière sur les particules de fumée selon l'effet TYNDALL.

La détection de chaleur thermo vélocimétrique est particulièrement appropriée à la surveillance du risque de développement anormal de la température lié à un début d'incendie par analyse de la température ambiante à l'aide d'une thermistance de type CTN et d'un microcontrôleur.

Le détecteur thermo vélocimétrique autorise à la fois une surveillance statique de la température et une surveillance de la vitesse de l'élévation de la température.

**ANNEXE A****MV CELLULE ROOM A1-B2-009**

<b>VOLUME BELOW GALLERY ABOVE RAISED FLOOR</b>			
A	FLOOR AREA	41.7116	m <sup>2</sup>
B	LOWER CEILING HEIGHT	3.6177	m
C	HIGHER CEILING HEIGHT	4.0682	m
D	BEAM SECTION AREA AXIS 11 (SECTION QQ)	1.1548	m <sup>2</sup>
E	BEAM SECTION AREA AXIS 10' (SECTION QQ)	1.1446	m <sup>2</sup>
F	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 11 (SECTION QQ)	3.8109	m
G	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 10' (SECTION QQ)	3.7902	m
H	BEAM LONGITUDINAL SECTION AREA (SECTION DD)	0.1925	m <sup>2</sup>
I	BEAM LONGITUDINAL AREA LENGTH	6.8	m
J	VOLUME WITHOUT BEAM = ((C+D)/2*A)	160.296	m <sup>3</sup>
K	BEAM SECTIONS = (D*F)+(E*G)	8.73909	m <sup>3</sup>
L	BEAM LONGITUDINAL = H*I*3	3.927	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL VOLUME = J-K-L</b>		<b>147.63</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING ABOVE RAISED FLOOR</b>			
M	FLOOR AREA	49.0183	m <sup>2</sup>
N	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
<b>TOTAL VOLUME = M*N</b>		<b>196.073</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW RAISED FLOOR</b>			
O	FLOOR AREA	90.7299	m <sup>2</sup>
P	RAISED FLOOR HEIGHT	0.5	m
<b>TOTAL VOLUME = O*P</b>		<b>45.365</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>		<b>389.068</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	--	----------------	----------------------

**TRANSFORMER ROOM A1-B2-010**

<b>VOLUME BELOW GALLERY</b>			
A	FLOOR AREA	36.5364	m <sup>2</sup>
B	LOWER CEILING HEIGHT	4.3785	m
C	HIGHER CEILING HEIGHT	4.7522	m
D	BEAM SECTION AREA AXIS 10 (SECTION QQ)	0.5659	m <sup>2</sup>
E	BEAM SECTION AREA AXIS 10' (SECTION QQ)	0	m <sup>2</sup>
F	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 10	3.83	m
G	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 10'	3.79	m
H	BEAM LONGITUDINAL SECTION AREA (SECTION DD)	0.1925	m <sup>2</sup>
I	BEAM LONGITUDINAL AREA LENGTH	6.8	m
J	VOLUME WITHOUT BEAM = ((C+D)/2*A)	166.801	m <sup>3</sup>
K	BEAM SECTIONS = (D*F)+(E*G)	2.1674	m <sup>3</sup>
L	BEAM LONGITUDINAL = H*I*3	3.927	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL VOLUME = J-K-L</b>		<b>160.707</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING</b>			
M	FLOOR AREA	44.3598	m <sup>2</sup>
N	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
<b>TOTAL VOLUME = M*N</b>		<b>177.439</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>	<b>338.146</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	----------------	----------------------

**LC ROOM A1-B2-016**

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING ABOVE RAISED FLOOR</b>			
A	FLOOR AREA	93.053	m <sup>2</sup>
B	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
C	COLUMN AREA	1.44m <sup>2</sup>	
D	COLUMN HEIGHT	4m	
E	VOLUME WITHOUT COLUMN =A*B	372.212	m <sup>3</sup>
F	VOLUME OF COLUMN = C*D	5.76	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL VOLUME = E-F</b>		<b>366.452m<sup>3</sup></b>	

<b>VOLUME BELOW RAISED FLOOR</b>			
G	FLOOR AREA	93.053	m <sup>2</sup>
H	RAISED FLOOR HEIGHT	0.3	m
<b>TOTAL VOLUME = G*H</b>		<b>27.9159</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>	<b>394.3679</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	-----------------	----------------------

**TGBT A1-B2-036**

<b>VOLUME BELOW RAMP</b>			
A	FLOOR AREA	43.868	m <sup>2</sup>
B	LOWER CEILING HEIGHT	3.34	m
C	HIGHER CEILING HEIGHT	4.42	m
D	BEAM SECTION AREA AXIS 4' (SECTION AA)	1.213	m <sup>2</sup>
E	BEAM SECTION AREA AXIS 4 (SECTION AA)	0	m <sup>2</sup>
F	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 4'	4.545	m
G	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 4	4.545	m
H	BEAM LONGITUDINAL SECTION AREA (SECTION PP)	0.2275	m <sup>2</sup>
I	BEAM LONGITUDINAL AREA LENGTH	8.75	m
J	VOLUME WITHOUT BEAM = ((C+D)/2*A)	170.20784	m <sup>2</sup>
K	BEAM SECTIONS = (D*F)+(E*G)	5.513085	m <sup>2</sup>
L	BEAM LONGITUDINAL = H*I*2	3.98125	m <sup>2</sup>
<b>TOTAL VOLUME = J-K-L</b>		<b>160.7135</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING</b>			
M	FLOORAREA	18.667	m <sup>2</sup>
N	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
<b>TOTAL VOLUME = M*N</b>		<b>74.668</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>	<b>235.3815</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	-----------------	----------------------

**MV CUBICLE ROOM A1-B2-037**

<b>VOLUME BELOW RAMP ABOVE RAISED FLOOR</b>			
A	FLOOR AREA	24.202	m <sup>2</sup>
B	LOWER CEILING HEIGHT	4.1	m
C	HIGHER CEILING HEIGHT	4.397	m
D	BEAM SECTION AREA AXIS 4 (SECTION AA)	1.1432	m <sup>2</sup>
E	BEAM SECTION AREA AXIS 3 (SECTION AA)	0	m <sup>2</sup>
F	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 4	4.545	m
G	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 3	4.545	m
H	BEAM LONGITUDINAL SECTION AREA (SECTION PP)	0.2275	m <sup>2</sup>
I	BEAM LONGITUDINAL AREA LENGTH	4.33	m
J	VOLUME WITHOUT BEAM = ((C+D)/2*A)	102.8222	m <sup>3</sup>
K	BEAM SECTIONS = (D*F)+(E*G)	5.195844	m <sup>3</sup>
L	BEAM LONGITUDINAL = H*I*2	1.97015	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL VOLUME = J-K-L</b>		<b>95.6562</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING ABOVE RAISED FLOOR</b>			
M	FLOOR AREA	43.0382	m <sup>2</sup>
N	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
<b>TOTAL VOLUME = M*N</b>		<b>172.1528</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW RAISED FLOOR</b>			
O	FLOOR AREA	67.2402	m <sup>2</sup>
P	RAISED FLOOR HEIGHT	0.5	m
<b>TOTAL VOLUME = O*P</b>		<b>33.6201</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>		<b>301.429</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	--	----------------	----------------------

**TRANSFORMERS ROOM A1-B2-032**

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING</b>			
A	FLOOR AREA	46.1899	m <sup>2</sup>
B	LOWER CEILING HEIGHT	9.64	m
C	HIGHER CEILING HEIGHT	9.929	m
D	BEAM SECTION AREA AXIS 4 (SECTION AA)	0.5723	m <sup>2</sup>
E	BEAM SECTION AREA AXIS 3 (SECTION AA)	0	m <sup>2</sup>
F	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 4	8.18	m
G	BEAM SECTION AREA LENGTH AXIS 3	8.18	m
H	BEAM LONGITUDINAL SECTION AREA (SECTION PP)	0.2275	m <sup>2</sup>
I	BEAM LONGITUDINAL AREA LENGTH	4.436	m
J	VOLUME WITHOUT BEAM = ((C+D)/2*A)	451.94508	m <sup>3</sup>
K	BEAM SECTIONS = (D*F)+(E*G)	4.681414	m <sup>3</sup>
L	BEAM LONGITUDINAL = H*I*5	5.04595	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL VOLUME = J-K-L</b>		<b>442.2177</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>	<b>442.2177</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	-----------------	----------------------

**SAUDI TELECOM ROOM A1-B2-008**

<b>VOLUME BELOW FALSE CEILING ABOVE RAISED FLOOR</b>			
A	FLOOR AREA	12.7092	m <sup>2</sup>
B	FALSE CEILING HEIGHT	4	m
<b>TOTAL VOLUME = A*B</b>		<b>50.8368</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>VOLUME BELOW RAISED FLOOR</b>			
C	FLOOR AREA	12.7092	m <sup>2</sup>
D	RAISED FLOOR HEIGHT	0.3	m
<b>TOTAL VOLUME = C*D</b>		<b>3.81276</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

<b>TOTAL VOLUME</b>	<b>54.64956</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
---------------------	-----------------	----------------------

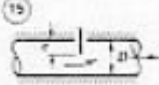
ANNEXE B

	<p>Perpendicular square entrance:</p>												
	<p><math>k = 0.50</math> if edge is sharp.</p>												
	<p>Perpendicular rounded entrance:</p>												
	<table border="1"> <tr> <td><math>R/d =</math></td> <td>0.05</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td><math>k =</math></td> <td>0.25</td> <td>0.17</td> <td>0.08</td> <td>0.05</td> <td>0.04</td> </tr> </table>	$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04
$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4								
$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04								
	<p>Perpendicular reentrant entrance:</p>												
	<p><math>k = 0.8</math></p>												
	<p>Additional loss due to skewed entrance:</p>												
	<p><math>k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha</math></p>												

	<p>Strainer bucket:</p>
	<p><math>k = 10</math> with foot valve  <math>k = 5.5</math> without foot valve</p>
	<p>(By Agroskin)</p>
	<p>Standard Tee, entrance to minor line</p>
	<p><math>k = 1.8</math></p>

	<p>Sharp elbow:</p>
	<p><math>k = 67.6 \times 10^{-6} (\alpha^\circ)^{2.17}</math></p>
	<p>(By Gibson)</p>
	<p>Bends:</p>
	<p><math>k = (0.13 + 1.85(r/R)^{2.2}) \sqrt{\alpha^\circ/180^\circ}</math></p>
	<p>(By Hinds)</p>
	<p>Close return bend:</p>
	<p><math>k = 2.2</math></p>

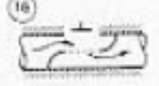
15 Gate valve:



$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8

---


16 Globe valve:



$k = 10$  when fully open

---

17 Rotary valve:




$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80
$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	$\infty$

(By Agroskin)

---


18 Check valves:



Swing type	$k = 2.5$	when fully open
Ball type	$k = 70.0$	
Lift type	$k = 12.0$	

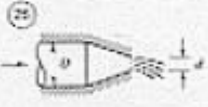
---

19 Angle valve:



$k = 5.0$  if fully open

20 Confusor outlet:




$d/D =$	0.5	0.6	0.8	0.9
$k =$	5.5	4	2.55	1.1

(By Mostkov)

---


21 Exit from pipe into reservoir:



$k = 1.0$

---

22 Diffusor outlet for  $D/d > 2$ :

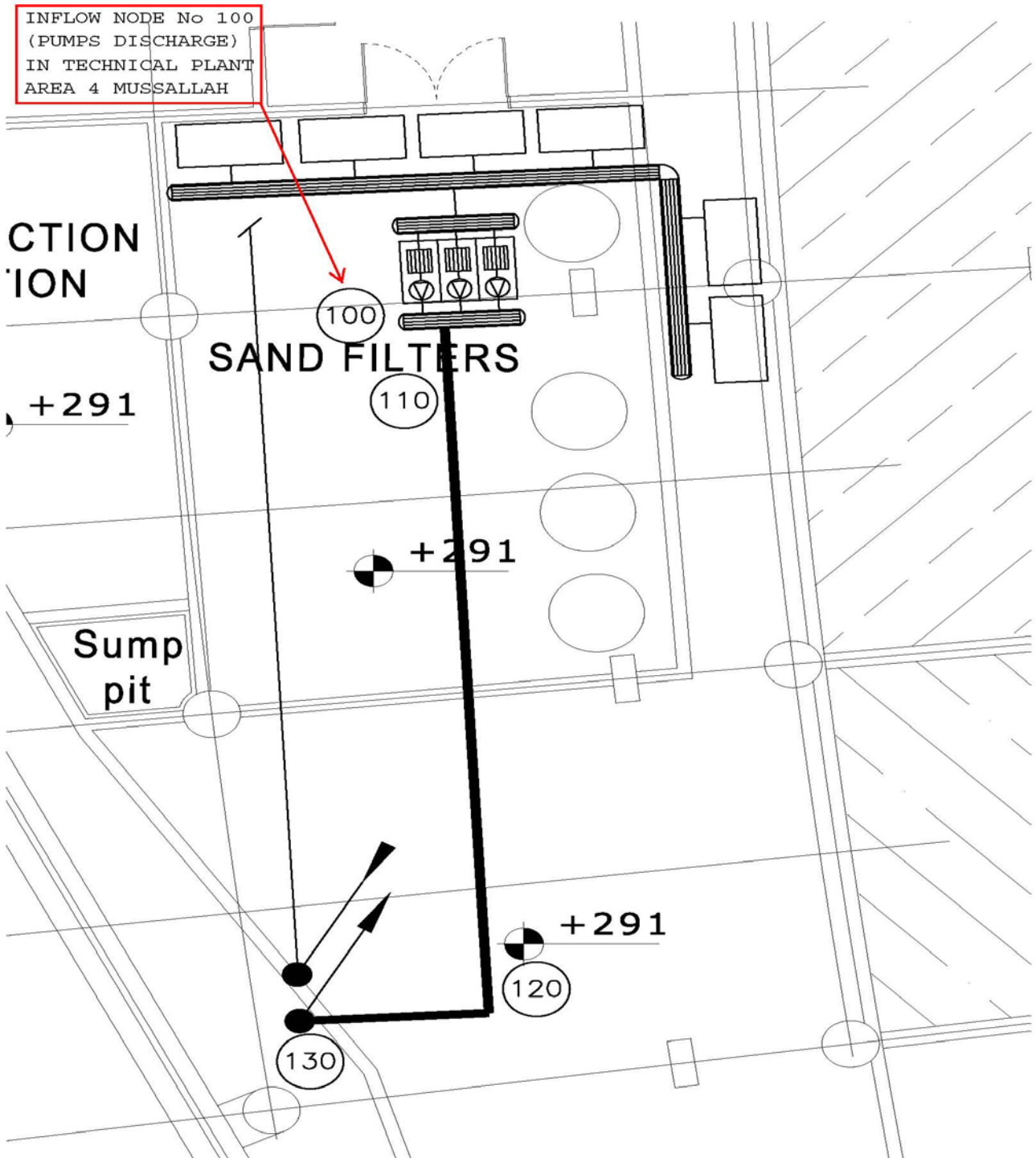


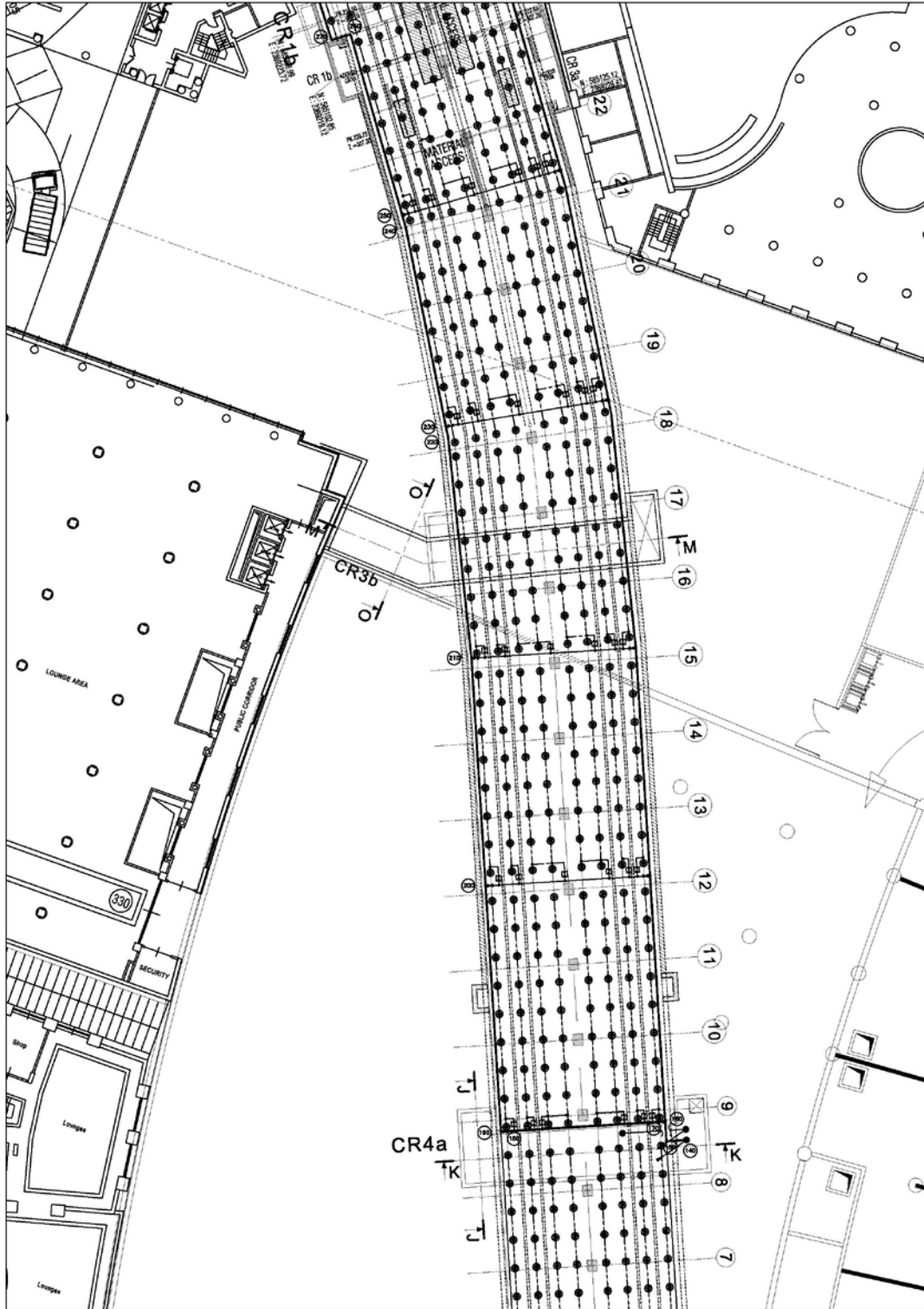
$\alpha^\circ =$	8	15	30	45
$k =$	0.05	0.18	0.5	0.6

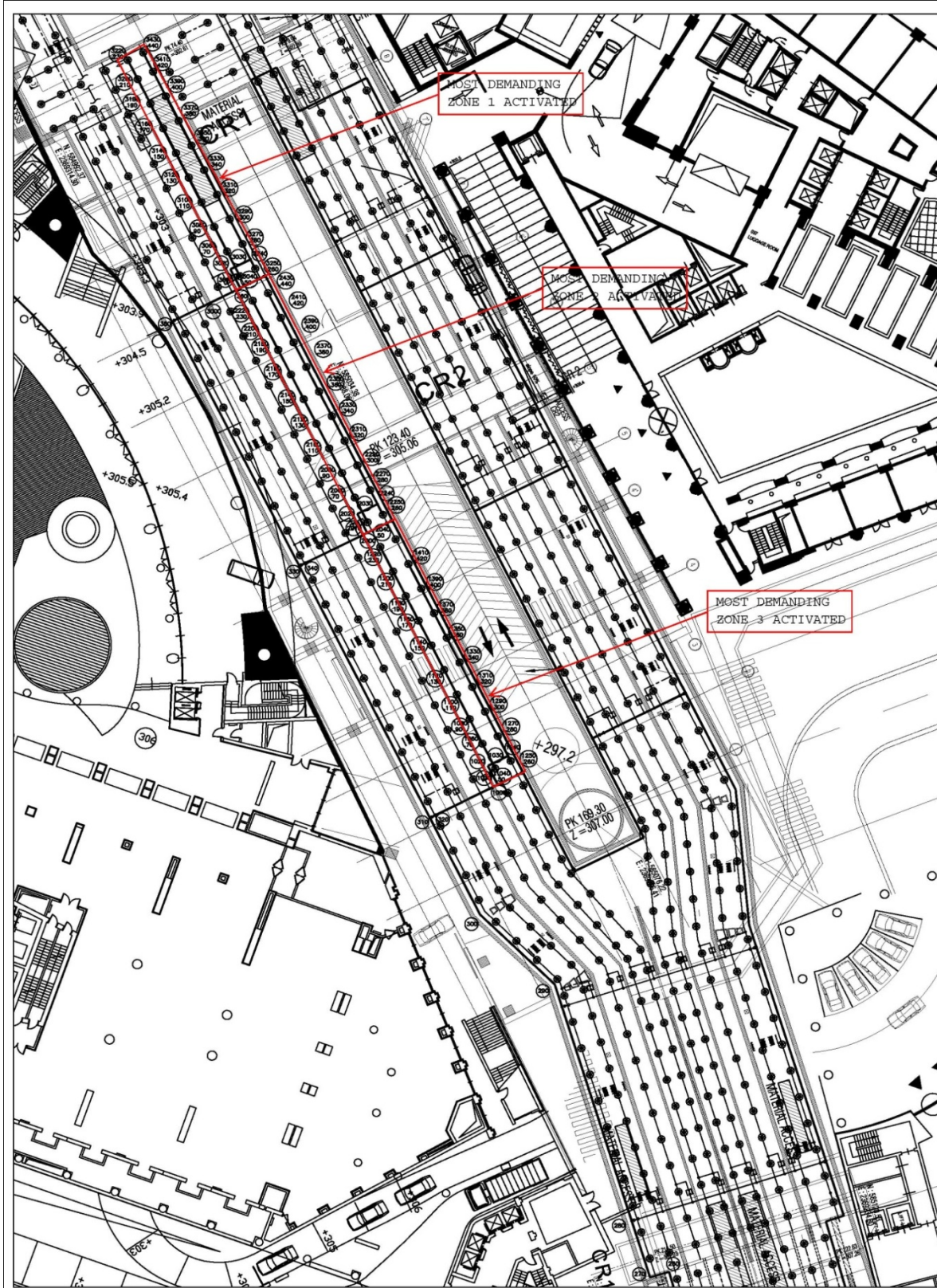
(By Mostkov)



ANNEX C







## ANNEXE D

FHC - Full Hydraulic Calculation Report		
Submitted by user number: 9999 Evaluation Copy	Project: Project Ref: Area Ref: Inst. Number:	JABAL OMAR ZONE 7 8460M 3 ZSV ACTIVATED 1
Tel:		
Fax:		

## Project Data and Design Parameters

Project name : JABAL OMAR ZONE 7  
 Area reference : 3 ZSV ACTIVATED  
 Address / location : MEKKA / SAUDI ARABIA  
 Project number : 8460M  
 Installation number(s) : 1  
 Drawing number(s) : ---  
 Issue no / date : ---  
 Designers reference : DEP  
 Project Data File : C:\...\JODP-Z7-WATER MIST CALCULATION (MO  
 Hazard classification : ORDINARY HAZARD  
 Design authority : National Fire Protection Association  
 Insurance company : ---  
 Specified density of discharge : 0.00 mm/min (l/min/m2)  
 Assumed maximum area of operation : 0.00 m2  
 Number of operating sprinkler heads : 60  
 Maximum area covered per head : 0.00 m2  
 Highest head / nozzle above source : 18.40 m  
 Number of pipes in system : 161 from 20 to 50 mm  
 Pressure loss equation used : Darcy-Weisbach  
 Fluid : WATER MIST TO NFPA 750 DENS=998 VISC=0.95  
 Pipe Data Table : FHCDATA.TXT  
 Maximum fluid velocity : 4.20 m/s in pipe 1000 1010  
 Volume of pipework and fittings : 0.74 m3  
 Elbows are welded for : 65 mm and above  
 Comment : ---  
 Checked by & Date :

**Source duty = 420.6 l/min @ 108.903 bar at node no 100**

FHC - Full Hydraulic Calculation Report			
Submitted by user number: 3999	Project: JABAL OMAR ZONE 7		
Evaluation Copy	Project Ref: 8460M		
Tel:	Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED		
Fax:	Inst. Number: 1		

**Operating Sprinkler Heads, Nozzles and Hydrants**

Head no	Node no	Size mm	'K' factor	Flow l/min	Area m2	Density Reg.d	mm/min Actual	Pressure Min	bar Actual	Height m	Pipe no
1	1050	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.728	18.400	28
2	1070	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.633	18.400	30
3	1090	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.589	18.400	32
4	1110	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.561	18.400	34
5	1130	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.540	18.400	36
6	1150	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.524	18.400	38
7	1170	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.490	18.400	40
8	1190	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.470	18.400	42
9	1210	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.460	18.400	44
10	1260	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.682	18.400	47
11	1280	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.586	18.400	49
12	1300	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.543	18.400	51
13	1320	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.515	18.400	53
14	1340	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.494	18.400	55
15	1360	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.477	18.400	57
16	1380	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.444	18.400	59
17	1400	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.424	18.400	61
18	1420	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.414	18.400	63
19	2050	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.446	18.400	71
20	2070	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.366	18.400	73
21	2090	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.323	18.400	75
22	2110	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.295	18.400	77
23	2130	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.274	18.400	79
24	2150	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.258	18.400	81
25	2170	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.225	18.400	83
26	2190	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.204	18.400	85
27	2210	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.194	18.400	87
28	2230	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.193	18.400	89
29	2260	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.395	18.400	92
30	2280	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.315	18.400	94
31	2300	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.272	18.400	96
32	2320	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.244	18.400	98
33	2340	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.222	18.400	100
34	2360	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.206	18.400	102
35	2380	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.173	18.400	104
36	2400	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.152	18.400	106
37	2420	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.143	18.400	108
38	2440	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.141	18.400	110
39	3050	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.326	18.400	118
40	3070	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.242	18.400	120
41	3090	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.199	18.400	122
42	3110	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.171	18.400	124
43	3130	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.150	18.400	126
44	3150	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.134	18.400	128
45	3170	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.101	18.400	130
46	3190	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.080	18.400	132
47	3210	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.071	18.400	134
48	3260	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.258	18.400	137
49	3280	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.173	18.400	139
50	3300	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.130	18.400	141
51	3320	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.102	18.400	143
52	3340	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.081	18.400	145
53	3360	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.065	18.400	147
54	3380	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.032	18.400	149
55	3400	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.011	18.400	151
56	3420	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.002	18.400	153
57	1230	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.458	18.400	155
58	1440	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.412	18.400	157
59	3230	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	100.00	100.069	18.400	159

FHC - Full Hydraulic Calculation Report	
Submitted by user number: 9999	Project: JABAL OMAR ZONE 7
Evaluation Copy	Project Ref: 8460M
Tel:	Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED
Fax:	Inst. Number: 1

### Operating Sprinkler Heads, Nozzles and Hydrants

Head no	Node no	Size mm	'K' factor	Flow l/min	Area m2	Density mm/min	Req.d	Actual	Pressure bar	Min	Actual	Height m	Pipe no
60	3440	1.0	0.70	7.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100.000	18.400	161	

0 heads are under the required density / minimum pressures

<b>FHC - Full Hydraulic Calculation Report</b>									
Submitted by user number: 9999 Evaluation Copy					Project: JABAL OMAR ZONE 7 Project Ref: 8460M Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED Inst. Number: 1				
Tel:									
Fax:									

### Hydraulically Significant Pipes in System

Pipe no	P I P E		Type	F L O W		D I M E N S I O N S			A N G L E		V A L U E S		H E I G H T M		P R E S S U R E S B A R S		
	Start	End		Size	Bore	L/min	Vel	Length	VJ	Dir.	Eq.len	Start	End	Start	End	Frict	Static
1	100		50mm	SS4	420.6	3.2	1.500			Up	1.95	0.000	108.903	-0.042			
	110	52.48	150							GV	90.0	21.5	1.500	108.714	-0.147		
2	110		50mm	SS4	420.6	3.2	18.000			180	20.27	1.500	108.714	-0.435			
	120	52.48	150							0.0	21.5	1.500	108.279	+0.000			
3	120		50mm	SS4	420.6	3.2	4.000			270	6.27	1.500	108.279	-0.135			
	130	52.48	150							0.0	21.5	1.500	108.145	+0.000			
4	130		50mm	SS4	420.6	3.2	17.000			Up	19.27	1.500	108.145	-0.414			
	140	52.48	150							90.0	21.5	18.500	106.066	-1.665			
5	140		50mm	SS4	420.6	3.2	2.000			270	4.27	18.500	106.066	-0.092			
	150	52.48	150							0.0	21.5	18.500	105.974	+0.000			
6	150		50mm	SS4	420.6	3.2	2.000			0	4.27	18.500	105.974	-0.092			
	160	52.48	150							0.0	21.5	18.500	105.882	+0.000			
7	160		50mm	SS4	420.6	3.2	0.500			270	3.22	18.500	105.882	-0.069			
	170	52.48	150							GV	0.0	21.5	18.500	105.813	+0.000		
8	170		50mm	SS4	420.6	3.2	17.000			270	17.00	18.500	105.813	-0.365			
	180	52.48	150							0.0	21.5	18.500	105.448	+0.000			
9	180		50mm	SS4	420.6	3.2	0.500			270	5.50	18.500	105.448	-0.118			
	190	52.48	150							GV	0.0	21.5	18.500	105.330	+0.000		
10	190		50mm	SS4	420.6	3.2	16.000			0	18.27	18.500	105.330	-0.392			
	200	52.48	150							0.0	21.5	18.500	104.938	+0.000			
11	200		50mm	SS4	420.6	3.2	24.000			0	24.00	18.500	104.938	-0.515			
	210	52.48	150							0.0	21.5	18.500	104.423	+0.000			
12	210		50mm	SS4	420.6	3.2	24.000			0	24.00	18.500	104.423	-0.515			
	220	52.48	150							0.0	21.5	18.500	103.908	+0.000			
13	220		50mm	SS4	420.6	3.2	1.200			0	1.20	18.500	103.908	-0.026			
	230	52.48	150							0.0	21.5	18.500	103.882	+0.000			
14	230		50mm	SS4	420.6	3.2	22.000			0	22.00	18.500	103.882	-0.472			
	240	52.48	150							0.0	21.5	18.500	103.410	+0.000			
15	240		50mm	SS4	420.6	3.2	1.200			0	1.20	18.500	103.410	-0.026			
	250	52.48	150							0.0	21.5	18.500	103.385	+0.000			
16	250		50mm	SS4	420.6	3.2	20.000			0	20.00	18.500	103.385	-0.429			
	260	52.48	150							0.0	21.5	18.500	102.955	+0.000			
17	260		50mm	SS4	420.6	3.2	2.000			270	4.27	18.500	102.955	-0.092			
	270	52.48	150							0.0	21.5	18.500	102.864	+0.000			
18	270		50mm	SS4	420.6	3.2	6.500			0	8.77	18.500	102.864	-0.188			
	280	52.48	150							0.0	21.5	18.500	102.675	+0.000			
19	280		50mm	SS4	420.6	3.2	27.000			0	27.00	18.500	102.675	-0.579			
	290	52.48	150							0.0	21.5	18.500	102.096	+0.000			
20	290		50mm	SS4	420.6	3.2	11.000			315	13.27	18.500	102.096	-0.285			
	300	52.48	150							0.0	21.5	18.500	101.811	+0.000			
21	300		50mm	SS4	420.6	3.2	12.000			0	14.27	18.500	101.811	-0.306			
	310	52.48	150							0.0	21.5	18.500	101.505	+0.000			
22	310		32mm	SS4	140.4	2.4	0.500			90	3.22	18.500	101.505	-0.071			
	320	35.08	150							GV	0.0	22.0	18.500	101.434	+0.000		
23	320		32mm	SS4	140.4	2.4	7.600			90	7.60	18.500	101.434	-0.167			
	1000	35.08	150							0.0	22.0	18.500	101.267	+0.000			
24	1000		25mm	SS4	140.4	4.2	1.300			0	4.48	18.500	101.267	-0.339			
	1010	26.64	150							GV	0.0	75.8	18.500	100.927	+0.000		
25	1010		25mm	SS4	140.4	4.2	1.000			0	1.00	18.500	100.927	-0.076			
	1020	26.64	150							0.0	75.7	18.500	100.852	+0.000			
26	1020		25mm	SS4	140.4	4.2	0.800			90	1.71	18.500	100.852	-0.129			
	1030	26.64	150							0.0	75.7	18.500	100.722	+0.000			
27	1030		20mm	SS4	7.0	0.3	0.600			180	2.42	18.500	100.722	-0.002			
	1040	21.16	150							0.0	0.9	18.500	100.720	+0.000			
28	1040		20mm	SS4	7.0	0.3	0.100			Dn	1.01	18.500	100.720	-0.001			
	1050	21.16	150							-90.0	0.9	18.400	100.729	+0.010			
29	1030		25mm	SS4	63.2	1.9	2.400			0	4.67	18.500	100.722	-0.097			
	1060	26.64	150							0.0	20.8	18.500	100.625	+0.000			

FHC - Full Hydraulic Calculation Report					
Submitted by user number: 9999	Project:	JABAL OMAR ZONE 7			
Evaluation Copy	Project Ref:	8460M			
Tel:	Area Ref:	3 ZSV ACTIVATED			
Fax:	Inst. Number:	1			

### Hydraulically Significant Pipes in System

Pipe no	Start End	Size Bore	Type 'C'	FLOW		DIMENSIONS			ANGLE	VALUES		HEIGHT M		PRESSURES BARS
				L/min	Vel m/s	Length	VJ	Dir.		Eq. len	Start	End	Start	
30	1060	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.625	-0.002	
	1070	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.633	+0.010		
31	1060	25mm	SS4	56.1	3.000				0	3.00	18.500	100.625	-0.043	
	1080	26.64	150	1.7	0 0			0.0	14.4	18.500	100.582	+0.000		
32	1080	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.582	-0.002	
	1090	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.590	+0.010		
33	1080	25mm	SS4	49.1	3.000				0	3.00	18.500	100.582	-0.028	
	1100	26.64	150	1.5	0 0			0.0	9.4	18.500	100.554	+0.000		
34	1100	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.554	-0.002	
	1110	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.562	+0.010		
35	1100	25mm	SS4	42.1	3.000				0	3.00	18.500	100.554	-0.022	
	1120	26.64	150	1.3	0 0			0.0	7.2	18.500	100.532	+0.000		
36	1120	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.532	-0.002	
	1130	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.540	+0.010		
37	1120	25mm	SS4	35.1	3.000				0	3.00	18.500	100.532	-0.016	
	1140	26.64	150	1.0	0 0			0.0	5.4	18.500	100.516	+0.000		
38	1140	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.516	-0.002	
	1150	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.524	+0.010		
39	1140	20mm	SS4	28.1	3.000				0	3.00	18.500	100.516	-0.033	
	1160	21.16	150	1.3	0 0			0.0	11.1	18.500	100.483	+0.000		
40	1160	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.483	-0.002	
	1170	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.491	+0.010		
41	1160	20mm	SS4	21.0	3.000				0	3.00	18.500	100.483	-0.021	
	1180	21.16	150	1.0	0 0			0.0	6.9	18.500	100.462	+0.000		
42	1180	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.462	-0.002	
	1190	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.470	+0.010		
43	1180	20mm	SS4	14.0	3.000				0	3.00	18.500	100.462	-0.010	
	1200	21.16	150	0.7	0 0			0.0	3.2	18.500	100.453	+0.000		
44	1200	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.453	-0.002	
	1210	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.461	+0.010		
45	1030	25mm	SS4	70.2	1.600				90	1.60	18.500	100.722	-0.046	
	1240	26.64	150	2.1	0 0			0.0	28.9	18.500	100.676	+0.000		
46	1240	20mm	SS4	7.0	0.600				180	2.42	18.500	100.676	-0.002	
	1250	21.16	150	0.3	0 1			0.0	0.9	18.500	100.674	+0.000		
47	1250	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.01	18.500	100.674	-0.001	
	1260	21.16	150	0.3	1 0			-90.0	0.9	18.400	100.683	+0.010		
48	1240	25mm	SS4	63.2	2.400				0	4.67	18.500	100.676	-0.097	
	1270	26.64	150	1.9	0 1			0.0	20.8	18.500	100.579	+0.000		
49	1270	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.579	-0.002	
	1280	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.587	+0.010		
50	1270	25mm	SS4	56.1	3.000				0	3.00	18.500	100.579	-0.043	
	1290	26.64	150	1.7	0 0			0.0	14.4	18.500	100.536	+0.000		
51	1290	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.536	-0.002	
	1300	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.544	+0.010		
52	1290	25mm	SS4	49.1	3.000				0	3.00	18.500	100.536	-0.028	
	1310	26.64	150	1.5	0 0			0.0	9.4	18.500	100.507	+0.000		
53	1310	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.507	-0.002	
	1320	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.515	+0.010		
54	1310	25mm	SS4	42.1	3.000				0	3.00	18.500	100.507	-0.022	
	1330	26.64	150	1.3	0 0			0.0	7.2	18.500	100.486	+0.000		
55	1330	20mm	SS4	7.0	0.100				Dn	1.92	18.500	100.486	-0.002	
	1340	21.16	150	0.3	0 1			-90.0	0.9	18.400	100.494	+0.010		



<b>FHC - Full Hydraulic Calculation Report</b>									
Submitted by user number: 9999				Project: JABAL OMAR ZONE 7					
Evaluation Copy				Project Ref: 8460M					
Tel:				Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED					
Fax:				Inst. Number: 1					

### Hydraulically Significant Pipes in System

NUMBERS		PIPE		FLOW		DIMENSIONS		ANGLE	VALUES	HEIGHT M	PRESSURES BARS	
Pipe no	Start End	Size Bore	Type 'C'	L/min Vel m/s	Length EL T	VJ VT	Dir. Slope	Eq. len mbar/m	Start End	Start End	Frict Static	
56	1330	25mm	SS4	35.1	3.000		0	3.00	18.500	100.486	-0.016	
	1350	26.64	150	1.0	0 0		0.0	5.4	18.500	100.470	+0.000	
57	1350	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.470	-0.002	
	1360	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.478	+0.010	
58	1350	20mm	SS4	28.1	3.000		0	3.00	18.500	100.470	-0.033	
	1370	21.16	150	1.3	0 0		0.0	11.0	18.500	100.437	+0.000	
59	1370	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.437	-0.002	
	1380	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.445	+0.010	
60	1370	20mm	SS4	21.0	3.000		0	3.00	18.500	100.437	-0.021	
	1390	21.16	150	1.0	0 0		0.0	6.9	18.500	100.416	+0.000	
61	1390	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.416	-0.002	
	1400	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.424	+0.010	
62	1390	20mm	SS4	14.0	3.000		0	3.00	18.500	100.416	-0.010	
	1410	21.16	150	0.7	0 0		0.0	3.2	18.500	100.406	+0.000	
63	1410	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.406	-0.002	
	1420	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.415	+0.010	
64	310	50mm	SS4	280.3	31.000		0	31.00	18.500	101.505	-0.283	
	330	52.48	150	2.2	0 0		0.0	9.1	18.500	101.222	+0.000	
65	330	32mm	SS4	140.2	0.500		90	3.22	18.500	101.222	-0.071	
	340	35.08	150	2.4	0 1	GV	0.0	22.0	18.500	101.151	+0.000	
66	340	32mm	SS4	140.2	7.600		90	7.60	18.500	101.151	-0.167	
	2000	35.08	150	2.4	0 0		0.0	22.0	18.500	100.984	+0.000	
67	2000	25mm	SS4	140.2	1.300		0	4.48	18.500	100.984	-0.338	
	2010	26.64	150	4.2	1 1	GV	0.0	75.5	18.500	100.645	+0.000	
68	2010	25mm	SS4	140.2	1.000		0	1.00	18.500	100.645	-0.076	
	2020	26.64	150	4.2	0 0		0.0	75.5	18.500	100.570	+0.000	
69	2020	25mm	SS4	140.2	0.800		90	1.71	18.500	100.570	-0.129	
	2030	26.64	150	4.2	1 0		0.0	75.5	18.500	100.441	+0.000	
70	2030	20mm	SS4	7.0	1.300		180	3.12	18.500	100.441	-0.003	
	2040	21.16	150	0.3	0 1		0.0	0.9	18.500	100.438	+0.000	
71	2040	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.01	18.500	100.438	-0.001	
	2050	21.16	150	0.3	1 0		-90.0	0.9	18.400	100.447	+0.010	
72	2030	25mm	SS4	63.1	1.700		0	3.97	18.500	100.441	-0.082	
	2060	26.64	150	1.9	0 1		0.0	20.7	18.500	100.358	+0.000	
73	2060	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.358	-0.002	
	2070	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.367	+0.010	
74	2060	25mm	SS4	56.1	3.000		0	3.00	18.500	100.358	-0.043	
	2080	26.64	150	1.7	0 0		0.0	14.3	18.500	100.316	+0.000	
75	2080	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.316	-0.002	
	2090	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.324	+0.010	
76	2080	25mm	SS4	49.1	3.000		0	3.00	18.500	100.316	-0.028	
	2100	26.64	150	1.5	0 0		0.0	9.4	18.500	100.287	+0.000	
77	2100	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.287	-0.002	
	2110	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.295	+0.010	
78	2100	25mm	SS4	42.0	3.000		0	3.00	18.500	100.287	-0.021	
	2120	26.64	150	1.3	0 0		0.0	7.2	18.500	100.266	+0.000	
79	2120	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.266	-0.002	
	2130	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.274	+0.010	
80	2120	25mm	SS4	35.0	3.000		0	3.00	18.500	100.266	-0.016	
	2140	26.64	150	1.0	0 0		0.0	5.4	18.500	100.250	+0.000	
81	2140	20mm	SS4	7.0	0.100		Dn	1.92	18.500	100.250	-0.002	
	2150	21.16	150	0.3	0 1		-90.0	0.9	18.400	100.258	+0.010	

<b>FHC - Full Hydraulic Calculation Report</b>									
Submitted by user number: 9999				Project: JABAL OMAR ZONE 7					
Evaluation Copy				Project Ref: 8460M					
Tel:				Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED					
Fax:				Inst. Number: 1					

### Hydraulically Significant Pipes in System

Pipe no	NUMBERS		PIPE	FLOW		DIMENSIONS			ANGLE	VALUES		HEIGHT M		PRESSURES BARS
	Start	End		Type	L/min	Length	VJ	Dir.		Eq.len	Start	End	Start	
	no	End	Bore	'C'	Vel m/s	EL	T	VT	Slope	mbar/m		End	End	Static
82	2140	2160	20mm	SS4	28.0	3.000			0	3.00	18.500	100.250	-0.033	
			21.16	150	1.3	0	0		0.0	11.0	18.500	100.217	+0.000	
83	2160	2170	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.217	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.225	+0.010	
84	2160	2180	20mm	SS4	21.0	3.000			0	3.00	18.500	100.217	-0.021	
			21.16	150	1.0	0	0		0.0	6.8	18.500	100.196	+0.000	
85	2180	2190	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.196	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.204	+0.010	
86	2180	2200	20mm	SS4	14.0	3.000			0	3.00	18.500	100.196	-0.010	
			21.16	150	0.7	0	0		0.0	3.2	18.500	100.187	+0.000	
87	2200	2210	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.187	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.195	+0.010	
88	2200	2220	20mm	SS4	7.0	3.000			0	3.00	18.500	100.187	-0.003	
			21.16	150	0.3	0	0		0.0	0.9	18.500	100.184	+0.000	
89	2220	2230	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.01	18.500	100.184	-0.001	
			21.16	150	0.3	1	0		-90.0	0.9	18.400	100.193	+0.010	
90	2030	2240	25mm	SS4	70.1	1.800			90	1.80	18.500	100.441	-0.052	
			26.64	150	2.1	0	0		0.0	28.8	18.500	100.389	+0.000	
91	2240	2250	20mm	SS4	7.0	1.300			180	3.12	18.500	100.389	-0.003	
			21.16	150	0.3	0	1		0.0	0.9	18.500	100.386	+0.000	
92	2250	2260	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.01	18.500	100.386	-0.001	
			21.16	150	0.3	1	0		-90.0	0.9	18.400	100.395	+0.010	
93	2240	2270	25mm	SS4	63.1	1.700			0	3.97	18.500	100.389	-0.082	
			26.64	150	1.9	0	1		0.0	20.7	18.500	100.307	+0.000	
94	2270	2280	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.307	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.315	+0.010	
95	2270	2290	25mm	SS4	56.1	3.000			0	3.00	18.500	100.307	-0.043	
			26.64	150	1.7	0	0		0.0	14.3	18.500	100.264	+0.000	
96	2290	2300	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.264	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.272	+0.010	
97	2290	2310	25mm	SS4	49.0	3.000			0	3.00	18.500	100.264	-0.028	
			26.64	150	1.5	0	0		0.0	9.4	18.500	100.236	+0.000	
98	2310	2320	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.236	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.244	+0.010	
99	2310	2330	25mm	SS4	42.0	3.000			0	3.00	18.500	100.236	-0.021	
			26.64	150	1.3	0	0		0.0	7.2	18.500	100.214	+0.000	
100	2330	2340	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.214	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.222	+0.010	
101	2330	2350	25mm	SS4	35.0	3.000			0	3.00	18.500	100.214	-0.016	
			26.64	150	1.0	0	0		0.0	5.4	18.500	100.198	+0.000	
102	2350	2360	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.198	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.206	+0.010	
103	2350	2370	20mm	SS4	28.0	3.000			0	3.00	18.500	100.198	-0.033	
			21.16	150	1.3	0	0		0.0	11.0	18.500	100.165	+0.000	
104	2370	2380	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.165	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.173	+0.010	
105	2370	2390	20mm	SS4	21.0	3.000			0	3.00	18.500	100.165	-0.021	
			21.16	150	1.0	0	0		0.0	6.8	18.500	100.144	+0.000	
106	2390	2400	20mm	SS4	7.0	0.100			Dn	1.92	18.500	100.144	-0.002	
			21.16	150	0.3	0	1		-90.0	0.9	18.400	100.153	+0.010	
107	2390	2410	20mm	SS4	14.0	3.000			0	3.00	18.500	100.144	-0.010	
			21.16	150	0.7	0	0		0.0	3.2	18.500	100.135	+0.000	

<b>FHC - Full Hydraulic Calculation Report</b>											
Submitted by user number: 9999				Project: JABAL OMAR ZONE 7							
Evaluation Copy				Project Ref: 8460M							
Tel:				Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED							
Fax:				Inst. Number: 1							

### Hydraulically Significant Pipes in System

Pipe no	NUMBERS		PIPE		FLOW		DIMENSIONS			ANGLE	VALUES		HEIGHT M		PRESSURES BARS		
	Start	End	Size	Type	L/min	Vel m/s	Length	VJ	Dir.	Slope	Eq.len	Start	End	Start	End	Frict	Static
108	2410	2420	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	0	1	Dn	1.92	18.500	100.135	100.135	100.143	-0.002	+0.010
109	2410	2430	20mm	SS4	7.0	0.3	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.135	100.135	100.132	-0.003	+0.000
110	2430	2440	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	0	0	Dn	1.01	18.500	100.132	100.132	100.141	-0.001	+0.010
111	330	350	50mm	SS4	140.1	1.1	30.000	0	0	0	30.00	18.500	101.222	101.222	101.131	-0.091	+0.000
112	350	360	32mm	SS4	140.1	2.4	0.500	1	1	GV	4.59	18.500	101.131	101.131	101.030	-0.101	+0.000
113	360	3000	32mm	SS4	140.1	2.4	7.600	0	0	0	7.60	18.500	101.030	101.030	100.863	-0.167	+0.000
114	3000	3010	25mm	SS4	140.1	4.2	1.300	1	1	GV	4.48	18.500	100.863	100.863	100.525	-0.338	+0.000
115	3010	3020	25mm	SS4	140.1	4.2	1.000	0	0	0	1.00	18.500	100.525	100.525	100.449	-0.075	+0.000
116	3020	3030	25mm	SS4	140.1	4.2	0.800	90	0	0	1.71	18.500	100.449	100.449	100.320	-0.129	+0.000
117	3030	3040	20mm	SS4	7.0	0.3	1.100	180	0	0	2.92	18.500	100.320	100.320	100.318	-0.003	+0.000
118	3040	3050	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.01	18.500	100.318	100.318	100.327	-0.001	+0.010
119	3030	3060	25mm	SS4	63.0	1.9	1.900	0	1	0	4.17	18.500	100.320	100.320	100.234	-0.086	+0.000
120	3060	3070	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.234	100.234	100.242	-0.002	+0.010
121	3060	3080	25mm	SS4	56.0	1.7	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.234	100.234	100.191	-0.043	+0.000
122	3080	3090	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.191	100.191	100.199	-0.002	+0.010
123	3080	3100	25mm	SS4	49.0	1.5	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.191	100.191	100.163	-0.028	+0.000
124	3100	3110	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.163	100.163	100.171	-0.002	+0.010
125	3100	3120	25mm	SS4	42.0	1.3	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.163	100.163	100.142	-0.021	+0.000
126	3120	3130	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.142	100.142	100.150	-0.002	+0.010
127	3120	3140	25mm	SS4	35.0	1.0	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.142	100.142	100.126	-0.016	+0.000
128	3140	3150	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.126	100.126	100.134	-0.002	+0.010
129	3140	3160	20mm	SS4	28.0	1.3	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.126	100.126	100.093	-0.033	+0.000
130	3160	3170	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.093	100.093	100.101	-0.002	+0.010
131	3160	3180	20mm	SS4	21.0	1.0	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.093	100.093	100.072	-0.021	+0.000
132	3180	3190	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100	Dn	0	0	1.92	18.500	100.072	100.072	100.080	-0.002	+0.010
133	3180	3200	20mm	SS4	14.0	0.7	3.000	0	0	0	3.00	18.500	100.072	100.072	100.063	-0.010	+0.000

<b>FHC - Full Hydraulic Calculation Report</b>									
Submitted by user number: 9999 Evaluation Copy Tel: Fax:				Project: JABAL OMAR ZONE 7 Project Ref: 8460M Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED Inst. Number: 1					

### Hydraulically Significant Pipes in System

Pipe no	NUMBERS		PIPE		FLOW		DIMENSIONS			ANGLE	VALUES		HEIGHT M		PRESSURES BARS		
	Start	End	Size	Type	L/min	Vel m/s	Length	VJ	Dir.	Slope	Eq. len	Start	End	Start	End	Frict	Static
134	3200	3210	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.063	100.071	-0.002	+0.010
135	3030	3240	25mm	SS4	70.0	2.1	2.400		90		2.40	18.500	18.500	100.320	100.252	-0.069	+0.000
136	3240	3250	20mm	SS4	7.0	0.3	1.100		180		2.92	18.500	18.500	100.252	100.249	-0.003	+0.000
137	3250	3260	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.01	18.500	18.400	100.249	100.258	-0.001	+0.010
138	3240	3270	25mm	SS4	63.0	1.9	1.900		0		4.17	18.500	18.500	100.252	100.165	-0.086	+0.000
139	3270	3280	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.165	100.173	-0.002	+0.010
140	3270	3290	25mm	SS4	56.0	1.7	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.165	100.123	-0.043	+0.000
141	3290	3300	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.123	100.131	-0.002	+0.010
142	3290	3310	25mm	SS4	49.0	1.5	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.123	100.094	-0.028	+0.000
143	3310	3320	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.094	100.103	-0.002	+0.010
144	3310	3330	25mm	SS4	42.0	1.3	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.094	100.073	-0.021	+0.000
145	3330	3340	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.073	100.081	-0.002	+0.010
146	3330	3350	25mm	SS4	35.0	1.0	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.073	100.057	-0.016	+0.000
147	3350	3360	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.057	100.065	-0.002	+0.010
148	3350	3370	20mm	SS4	28.0	1.3	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.057	100.024	-0.033	+0.000
149	3370	3380	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.024	100.032	-0.002	+0.010
150	3370	3390	20mm	SS4	21.0	1.0	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.024	100.003	-0.021	+0.000
151	3390	3400	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	100.003	100.011	-0.002	+0.010
152	3390	3410	20mm	SS4	14.0	0.7	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.003	99.994	-0.010	+0.000
153	3410	3420	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.92	18.500	18.400	99.994	100.002	-0.002	+0.010
154	1200	1220	20mm	SS4	7.0	0.3	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.453	100.450	-0.003	+0.000
155	1220	1230	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.01	18.500	18.400	100.450	100.459	-0.001	+0.010
156	1410	1430	20mm	SS4	7.0	0.3	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.406	100.404	-0.003	+0.000
157	1430	1440	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.01	18.500	18.400	100.404	100.413	-0.001	+0.010
158	3200	3220	20mm	SS4	7.0	0.3	3.000		0		3.00	18.500	18.500	100.063	100.060	-0.003	+0.000
159	3220	3230	20mm	SS4	7.0	0.3	0.100		Dn		1.01	18.500	18.400	100.060	100.069	-0.001	+0.010

FHC - Full Hydraulic Calculation Report									
Submitted by user number: 9999 Evaluation Copy					Project: JABAL OMAR ZONE 7 Project Ref: 8460M Area Ref: 3 ZSV ACTIVATED Inst. Number: 1				

### Hydraulically Significant Pipes in System

NUMBERS		P I P E		F L O W		DIMENSIONS		ANGLE	VALUES	HEIGHT M	PRESSURES BARS	
Pipe no	Start End	Size Bore	Type 'C'	L/min Vel m/s	Length EL T	VJ VT	Dir. Slope	Eq.len mbar/m	Start End	Start End	Frict Static	
160	3410	20mm	SS4	7.0	3.000	0	0	3.00	18.500	99.994	-0.003	
	3430	21.16	150	0.3	0 0	0.0	0.9	18.500	99.991	+0.000		
161	3430	20mm	SS4	7.0	0.100	Dn	1.01	18.500	99.991	-0.001		
	3440	21.16	150	0.3	1 0	-90.0	0.9	18.400	100.000	+0.010		

Maximum flow rate error at nodes : 0.00000 L/min  
 Maximum pressure drop error at nodes : 0.00093 bar  
 Maximum pressure drop error in loops : 0.00000 bar  
 Overall head flow balance error : 0.00019 %

ANNEXE E

**TABLE 14.18** Pressure Drop of Air (in psi per 100 ft) through Schedule 40 Steel Pipe 100 psig

(Cubic feet of free air at 60°F, 14.7 psia)

scfm	Pipe diam., in											
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	
2	0.014											
3	0.031											
4	0.055	0.012										
5	0.086	0.019										
6	0.124	0.028										
8	0.220	0.050	0.013									
10	0.345	0.078	0.021									
15	0.775	0.175	0.046	0.011								
20	1.378	0.311	0.082	0.020								
25	2.153	0.486	0.128	0.031	0.014							
30	3.101	0.700	0.185	0.045	0.020							
35	4.220	0.952	0.251	0.061	0.027							
40	5.512	1.244	0.328	0.079	0.035							
45	6.976	1.574	0.416	0.101	0.044	0.012						
50	8.613	1.943	0.513	0.124	0.055	0.015						
60	12.402	2.799	0.739	0.179	0.079	0.021	0.012					
70	—	3.809	1.006	0.243	0.107	0.029	0.016	0.012				
80	—	4.975	1.314	0.318	0.140	0.038	0.020	0.016				
90	—	6.297	1.663	0.402	0.177	0.048	0.020	0.016				
100	—	7.774	2.053	0.497	0.219	0.060	0.025	0.025				
125	—	12.147	3.207	0.776	0.342	0.093	0.038	0.038	0.012			
150	—	—	4.619	1.118	0.492	0.134	0.055	0.055	0.018			
175	—	—	6.287	1.522	0.670	0.183	0.075	0.075	0.024			
200	—	—	8.211	1.987	0.875	0.239	0.098	0.098	0.031			
225	—	—	10.392	2.515	1.107	0.302	0.124	0.124	0.040			
250	—	—	12.830	3.105	1.367	0.373	0.153	0.153	0.049	0.011		
275	—	—	—	3.757	1.654	0.452	0.186	0.186	0.059	0.014		

(Continued)

**TABLE 14.18** Pressure Drop of Air (in psi per 100 ft) through Schedule 40 Steel Pipe, 100 psig (Continued)  
*(Cubic feet of free air at 60°F, 14.7 psia)*

scfm	Pipe diam., in									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5
300	—	—	—	4.471	1.968	0.537	0.221	0.071	0.016	—
325	—	—	—	5.248	2.309	0.631	0.259	0.083	0.019	—
350	—	—	—	6.086	2.678	0.731	0.301	0.096	0.022	—
375	—	—	—	6.987	3.075	0.840	0.345	0.110	0.025	—
400	—	—	—	7.949	3.498	0.955	0.393	0.125	0.029	—
425	—	—	—	8.974	3.949	1.079	0.443	0.142	0.032	—
450	—	—	—	10.061	4.428	1.209	0.497	0.159	0.036	0.011
475	—	—	—	11.210	4.933	1.347	0.554	0.177	0.040	0.012
500	—	—	—	12.421	5.466	1.493	0.614	0.196	0.045	0.014
550	—	—	—	—	6.614	1.806	0.743	0.237	0.054	0.016
600	—	—	—	—	7.871	2.150	0.880	0.282	0.064	0.020
650	—	—	—	—	9.238	2.523	1.037	0.331	0.076	0.023

## CONCLUSION

Notre projet consiste en une protection des tunnels contre les incendies.

Dans notre étude, nous ne nous sommes contentes que de la présentation de deux systèmes de protection parmi ceux connus dans le monde. En effet, nous désirons aller au delà d'une simple énumération des systèmes de protection déjà existants, tout en évitant une tentative de découverte d'une nouvelle application.

Le cas adopté a nécessité le choix de deux systèmes qui s'avèrent d'une grande efficacité. Il s'agit d'abord, du système « FM-200 » appliqué dans des zones bien déterminées. C'est un système d'extinction automatique et le moins nocif à l'homme. Il vient donc remplacer les systèmes d'extinctions par le dioxyde de carbone.

Le second est le système de « brouillard d'eau » qui convient le mieux aux tunnels dans la mesure où il ne se set que d'une faible quantité d'eau soumise à une pression élevée. Ces deux particularités permettent le combat du feu à un temps inférieur à celui que nécessiteraient d'autres systèmes.

De ce fait, le danger auquel sont exposés les personnes et les véhicules se trouve réduit.



## BIBLIOGRAPHIE

- Michael Frankel. *FACILITY PIPING SYSTEMS HANDBOOK*
- S. Candel. *Mécaniques des fluides*, cours, éd. Dunod, 1995
- S.Candel. *Mécaniques des fluides, exercices*, éd. Dunod, 1995
- Streeter-Wylie-Bedford, *Fluid mechanics*, éd. McGraw-Hill, 1998
- J.Faisandier, *Mecanismes hydrauliques et pneumatiques*, éd. Dunod, 2006
- [http://www.fogtec-international.com/en\\_water\\_mist/tunnel\\_systems](http://www.fogtec-international.com/en_water_mist/tunnel_systems)
- <http://www.canute.com>
- <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sp%C3%A9cial:Recherche&search=syst%C3%A8me+d%27eau+brouillard&ns0=1&redirs=0>
- <http://www.hygood.com>
- <http://www.kamat.de>
- [http://www.uptun.net/Engineering Guidance for Water Based](http://www.uptun.net/Engineering%20Guidance%20for%20Water%20Based%20Software)
- Software NFPA “National fire protection association”
- Microsoft office/ excel 2007