



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة أمحمد بوقرة ببومرداس
University M'hamed Bougara of Boumerdes
كلية المحروقات والكيمياء
Faculty of Hydrocarbons and Chemistry



Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie des Procédés

Option : Hygiène Sécurité et Environnement

Thème

**Etude d'efficacité d'un système d'auto-extinction dans une
salle de commutation électrique au niveau du complexe
GP1/Z, Selon les normes NFPA**

Présenté par :

**HAMZA Abdenour
CHERBALI Labib**

Devant le jury composé de :

M. BEDDOUD. K	MAA	UMBB	Président
Mme BENRAHOU. F	MCB	UMBB	Examinateur
Mme YOUNSI. F	MCB	UMBB	Encadrant

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'études à :

*Mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel,
leurs sacrifices, leurs encouragements constants et leur foi en moi
tout au long de ce parcours,*

*à Mes sœurs pour leur soutien moral et leurs mots
réconfortants dans les moments difficiles.*

*À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenu de près ou de
loin dans cette aventure.*

Abdenour

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail

A mes chers parents pour leur soutien, leurs encouragements et leurs sacrifices

*durant toutes mes années d'études. A mon frère et mes sœurs, en témoignage
de ma fraternité, avec mes souhaits de bonheur, de santé et de succès.*

A ma famille,

À mes proches et à tous ceux qui me sont chers

Labib

Remerciements

Tout d'abord, rendons grâce à Dieu, Le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à nos familles respectives, pour leur soutien indéfectible, leur encouragement constant et leur présence bienveillante tout au long de notre parcours académique.

*Nos remerciements les plus sincères vont à **Madame Younsi**, notre encadrante, pour sa disponibilité, son accompagnement, ses précieux conseils ainsi que pour la confiance qu'elle nous a témoignée durant toutes les étapes de la réalisation de ce mémoire.*

Nous tenons également à adresser un grand merci à l'ensemble de nos enseignants pour les efforts qu'ils ont déployés au cours de ces deux années, et pour les connaissances précieuses qu'ils nous ont transmises, tant sur le plan théorique que pratique.

*Nos remerciements s'adressent également à **tout le personnel du complexe GPI/Z**, pour leur accueil chaleureux, leur collaboration et leur assistance précieuse durant notre période de stage.*

*Nous souhaitons particulièrement remercier **Monsieur Bouras Mourad** pour ses conseils avisés, son encadrement sur le terrain et sa disponibilité tout au long de notre projet. Nos remerciements vont également à **Monsieur Mansouri Hichem**, qui n'a ménagé aucun effort pour nous fournir les documents, les ressources et le soutien technique nécessaires à la réalisation de ce travail.*

À toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire, nous exprimons notre sincère reconnaissance

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction Générale	1
I. Chapitre I : Généralités sur les normes NFPA.....	3
I.1. Introduction	4
I.2. Définition de la NFPA	4
I.3. L'écosystème de sécurité incendie et de sécurité des personnes de la NFPA.....	5
I.4. Historique et développement de NFPA	6
I.4.1. Standardisation des installations de gicleurs d'incendie	6
I.4.2. La codification de la sécurité électrique	6
I.4.3. Développement et avenir de la NFPA	6
I.5. Les classes de feu selon NFPA	8
I.6. Le processus d'élaboration des normes NFPA	9
I.6.1. Première étape - Consultation publique (Public Input)	9
I.6.2. Deuxième étape - Commentaires du public.....	10
I.6.3. Troisième étape - Réunion du comité technique	10
I.6.4. Dernière étape - Appels devant le Conseil et publication de la norme.....	12
I.7. Les principales catégories des normes NFPA.....	13
I.8. NFPA 2001 (version 2022).....	14
I.8.1. Définition.....	14
I.8.2. Origine et développement.....	14
I.8.3. Publication officielle de la norme NFPA 2001 (2022)	16
I.8.4. Les chapitres de la norme NFPA 2001	16
I.8.5. Les agents visés par la norme NFPA 2001	18
I.8.6. Autres normes applicables aux systèmes à agents propres.....	19

I.9.	L'importance de la NFPA sur la sécurité incendie.....	19
I.10.	Conclusion.....	20
II.	Chapitre II: Système d'extinction NOVEC 1230.....	21
II.1.	Introduction	22
II.2.	Généralité sur les systèmes d'extinction automatique.....	22
II.2.1.	Définition.....	22
II.2.2.	Les différents types d'agents propre d'extinction	23
II.3.	Présentation du NOVEC 1230 (FK-5-1-12).....	24
II.3.1.	Définition.....	24
II.3.2.	Domaine d'application du NOVEC 1230.....	24
II.3.3.	Propriétés physicochimiques	25
II.3.4.	Mécanisme d'extinction	26
II.3.5.	Concentration de conception	26
II.3.5.1.	Concentration de conception finale (FDC).....	26
II.3.6.	Propriétés toxicologiques du NOVEC 1230.....	27
II.3.7.	Impact de NOVEC 1230 sur l'environnement	28
II.3.8.	Potentiel de réchauffement global (GWP).....	29
II.3.9.	Comparaison des propriétés environnementales avec les autres agents.....	29
II.4.	Fonctionnement des systèmes NOVEC 1230 :	30
II.4.1.	Les systèmes GAMMA et SIGMA.....	31
II.4.2.	Utilisation des systèmes	34
II.4.3.	Les buses (Nozzles).....	38
II.4.4.	La détection automatique.....	38
II.5.	Avantages et inconvénients du NOVEC 1230.....	39
II.5.1.	Avantages.....	39
II.5.2.	Inconvénients.....	39
II.6.	Conclusion.....	40
III.	Chapitre IV : Etude de cas dans une salle de commutation électrique.....	41
III.1.	Introduction	42
III.2.	Méthodologie de Conception du Système d'Extinction NOVEC 1230.....	42
III.2.1.	Description du Site à Protéger.....	42

III.2.2.	Calcul du volume protégé.....	43
III.2.3.	Détermination de la quantité de Novec 1230 requise.....	43
III.2.4.	Calcul de la concentration réelle du Novec 1230.....	45
III.2.5.	Implantation des conteneurs.....	46
III.2.6.	Choix et implantation des buses de diffusion (nozzles).....	47
III.2.7.	Choix et implantation des détecteurs d'incendie.....	47
III.3.	Comparaison du système d'extinction automatique au NOVEC 1230 de la salle de commutation électrique phase III avec les exigences de NFPA 2001(version 2022).....	48
III.3.1.	Performances d'extinction.....	48
III.3.2.	Sécurité des personnes.....	48
III.3.3.	Exigences des conteneurs.....	49
III.3.4.	Exigences des buses de diffusion (nozzles) et des tuyaux.....	51
III.3.5.	Exigences des détecteurs.....	52
III.3.6.	Le système de ventilation.....	53
III.4.	Interprétation des résultats.....	53
	Conclusion générale.....	56
	Références bibliographiques.....	58
	ANNEXES.....	60

Liste des figures

- **Figure I.1** : L'écosystème de sécurité incendie et de sécurité des personnes de la NFPA 5
- **Figure I.2** : Processus d'élaboration des normes NFPA 12
- **Figure II.1** : Principe de fonctionnement d'une installation fixe d'extinction [17] ... 22
- **Figure II.2** : Classes de feu compatibles avec le NOVEC 1230 25
- **Figure II.3** : Éléments type d'un système [13] 31
- **Figure II.4** : Vanne de bouteille GAMMA (vue en coupe) [13] 33
- **Figure II.5** : Vanne de bouteille SIGMA (vue en coupe) [13] 33
- **Figure II.6** : Bouteilles d'agent extincteur SIGMA – Fluide Novec 1230 33
- **Figure II.7** : Bouteilles d'agent extincteur SIGMA – Fluide Novec 1230 34
- **Figure II.8** : Vanne GAMMA et accessoires 36
- **Figure II.9** : Vanne SIGMA et accessoires 37
- **Figure II.10** : Buses de pulvérisation 38
- **Figure III.1**: Salle de commutation électrique phase III 42
- **Figure III.2** : Dispositif de fixation des bouteilles de NOVEC 1230 des systèmes GAMMA et SIGMA 50

Liste des tableaux

- **Tableau I.1** : Les agents mentionnés dans la norme NFPA 2001 [6] 18
- **Tableau II.1** : Propriétés physicochimiques du NOVEC 1230 [12] 25
- **Tableau II.2** : La concentration minimale d'extinction et de conception des agents pour les dangers de classe A et la concentration de conception des agents pour les dangers de classe C [6] 27
- **Tableau II.3** : Données de toxicité pour les agents extincteurs à base d'halocarbures propres [16]..... 28
- **Tableau II.4** : Les propriétés environnementales des agents halocarbonnés 29
- **Tableau II.5** : Caractéristiques des systèmes GAMMA et SIGMA [13] 32
- **Tableau III.1** : Quantités de FK-5-1-12 nécessaires pour inonder totalement un volume (Total Flooding) 44
- **Tableau III.2** : Les facteurs de correction atmosphérique –..... 45
- **Tableau III.3** : Conformité du système NOVEC 1230 de la salle de commutation avec les exigences de la NFPA 2001 48

Liste des abréviations

- **ALC** : **A**pproximate **L**ethal **C**oncentration (concentration létale approximative)
- **ANSI** : **A**merican **N**ational **S**tandards **I**nstitute
- **DOT** : **D**epartment of **T**ransportation (Ministère américain des transports certifie les cylindres sous pression, etc.)
- **DVA** : **D**urée de **V**ie en **A**tmosphère (durée pendant laquelle la concentration d'agent est maintenue pour l'extinction)
- **EN** : **E**uropean **N**orm (Norme Européenne)
- **FDC** : **F**inal **D**esign **C**oncentration (Concentration de conception finale)
- **FM** : **F**actory **M**utual
- **GWP** : **G**lobal **W**arming **P**otential (Potentiel de réchauffement global)
- **HFC** : **H**ydrofluorocarbone
- **HSE** : **H**ygiène, **S**écurité et **E**nvironnement
- **ISO** : **I**nternational **O**rganization for **S**tandardization
- **LOAEL** : **L**owest **O**bserved **A**dverse **E**ffect **L**evel (Plus faible dose avec effet indésirable observé)
- **MDC** : **M**inimum **D**esign **C**oncentration (Concentration minimale de conception)
- **MEC** : **M**inimum **E**xtinguishing **C**oncentration (Concentration Minimale d'extinction)
- **NEC** : **N**ational **E**lectrical **C**ode
- **NFPA** : **N**ational **F**ire **P**rotection **A**ssociation
- **NITMAM** : **N**otice of **I**ntent to **M**ake a **M**otion (Processus de modification des normes NFPA)
- **NOAEL** : **N**o **O**bserved **A**dverse **E**ffect **L**evel (Dose sans effet indésirable observé)
- **ODP** : **O**zone **D**epletion **P**otential (Potentiel de destruction de la couche d'ozone)

- **UL** : Underwriters Laboratories
- **UV** : Ultraviolet

Introduction générale

Introduction générale

Suite au protocole de Montréal en 1987, une interdiction progressive des halons a été imposée. Ces derniers étaient très utilisés auparavant dans l'extinction des incendies. La raison de cette interdiction, c'est leur fort potentiel de destruction de la couche d'ozone. Mais juste après, des gaz plus écologiques et si performants en extinction sont apparus, les agents halocarbonés. Ces agents ont vite remplacé les halons, ils sont considérés comme des agents propres en raison de leur faible impact sur l'environnement et sur la couche d'ozone. Maintenant, ces systèmes sont utilisés de plus en plus dans divers domaines afin de se protéger contre les incendies de tout type. Parmi ces systèmes, on trouve le Novec 1230.

Le complexe GP1/z est parmi les utilisateurs de ce système d'extinction automatique Novec 1230. Il est installé dans les endroits sensibles tels que les salles de commutation électrique et les salles de contrôle. Ces endroits abritent des équipements électriques importants, qui doivent être préservés et récupérés après l'extinction, afin de reprendre la production très rapidement. Ce fluide est non corrosif, non conducteur d'électricité, et il ne laisse aucun résidu sur les équipements après l'utilisation, ce qui le rend idéal pour ce genre d'installation.

Pour garantir son efficacité et ses performances, il doit toutefois être installé conformément à la norme NFPA 2001.

Cette étude consiste à vérifier la conformité du système d'auto-extinction NOVEC 1230 installé dans la salle de commutation électrique phase III au niveau de complexe GP1/Z selon la norme NFPA 2001 version 2022 « Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems », qui définit les exigences de sécurité, de conception, d'installation, de maintenance et de performance pour les systèmes d'extinction des incendies utilisant des agents propres. Elle est publiée par la NFPA (National fire protection association).

L'étude est répartie selon le plan suivant :

- **Chapitre I** : Permet de comprendre généralement l'organisme NFPA, son écosystème, le principe d'élaboration de ses normes. Un intérêt particulier sera porté à la norme NFPA 2001, sa définition, sa publication et le contenu de cette norme en général.

- **Chapitre II:** Ce chapitre est consacré au système d'extinction à agent propre NOVEC 1230, en abordant ses propriétés physico-chimiques, ses principaux avantages et inconvénients, et le fonctionnement des système installé dans le complexe GP1/Z.
- **Chapitre III:** Etude de cas dans la salle de commutation électrique phase III au sein de complexe GP1/Z

Chapitre I :

Généralités sur la NFPA

I.1. Introduction

Les normes de la National Fire Protection Association (NFPA) présentent des références essentielles pour la sécurité et la prévention contre les incendies. Elles établissent des exigences techniques strictes pour garantir la sécurité publique, la protection des biens et l'efficacité des systèmes anti-incendie.

Parmi ces normes, la NFPA 2001, « Norme sur les systèmes d'extinction d'incendie à agent propre », qui régleme la conception, l'installation, l'entretien et le fonctionnement des systèmes utilisant les agents propre, tels que Novec 1230. Dans le cadre de cette étude, qui porte sur l'évaluation de l'efficacité d'un système d'auto-extinction au Novec 1230, la norme NFPA 2001 servira de base réglementaire et méthodologique. Son application permettra d'analyser les paramètres critiques (temps d'extinction, concentration d'agent, sécurité des occupants, etc.) et de valider la conformité du système aux standards internationaux.

L'objectif de ce chapitre est de présenter des généralités sur le cadre normatif établie par la NFPA, avec un intérêt particulier pour la norme NFPA 2001.

I.2. Définition de la NFPA

La NFPA (National Fire Protection Association) est un organisme américain à but non lucratif autofinancé, créé en 1896. Initialement, elle était une organisation dédiée aux codes des extincteurs automatiques basée à Boston. Aujourd'hui, elle s'est transformée en un acteur majeur mondial dans la prévention des décès et blessures, ainsi que des pertes matérielles et économiques dues aux incendies, risques électriques et autres dangers connexes.

Cet organisme compte plus de 10 000 bénévoles répartis dans environ 250 comités techniques responsables de la publication des codes et des normes. Actuellement, la NFPA a élaboré plus de 300 codes et normes.

Cependant, la portée de la NFPA ne se limite plus uniquement à ces cadres réglementaires. Elle a en effet diversifié ses activités pour inclure une offre complète de formations et de certifications destinées à un vaste éventail de professionnels de la sécurité. [1]

I.3. L'écosystème de sécurité incendie et de sécurité des personnes de la NFPA

L'écosystème de sécurité incendie et de sécurité des personnes de la NFPA est un cadre de sécurité composé de huit éléments clés jouant un rôle essentiel en matière de sécurité incendie, de sécurité des personnes et de sécurité électrique. Ces éléments sont : la responsabilité gouvernementale, l'élaboration et l'utilisation des codes en vigueur, les normes de référence, l'investissement dans la sécurité, une main-d'œuvre qualifiée, le respect des codes, la préparation et la gestion des situations d'urgence. Ils sont interdépendants. Lorsqu'ils fonctionnent ensemble, l'écosystème protège tous les individus. L'absence ou la défaillance d'un élément peut entraîner l'effondrement de l'écosystème, entraînant souvent des tragédies. Les accidents et les tragédies impliquant des personnes peuvent presque toujours être attribués à la défaillance d'un ou plusieurs composants.[2]



Figure I.1 : L'écosystème de sécurité incendie et de sécurité des personnes de la NFPA

I.4. Historique et développement de NFPA

I.4.1. Standardisation des installations de gicleurs d'incendie

L'histoire de la NFPA commence au début du XIX^e siècle. À cette époque, l'industrie américaine était florissante, en particulier dans les villes du nord-ouest des États-Unis. Cependant, les accidents et les dégâts causés par les incendies étaient une menace constante, ce qui a poussé les chercheurs à développer la technologie des extincteurs automatiques. Les premiers brevets américains pour les systèmes d'extinction automatique à eau sont apparus dans les années 1870. Dans la décennie suivante, ces systèmes ont bien évolué, les tests des extinctions automatiques ont commencé à se développer, mais il y avait un problème critique.

Avec l'essor de la technologie, ces systèmes étaient de plus en plus installés, mais pas de façon uniforme, ce qui compliquait énormément le travail des plombiers. Il fallait donc trouver une solution. En 1895, un certain nombre de professionnels de l'assurance et de la protection des biens se sont réunis pour la première fois à Boston pour discuter de la manière de relever ce défi. Il y avait neuf normes différentes pour la taille et l'espacement des tuyaux de gicleurs anti-incendie utilisées dans un rayon de 160 km autour de Boston, Ce manque d'uniformité causait beaucoup de confusion.

Le groupe a continué à se réunir et, à la suite d'une de ces réunions en mars 1896, il a publié le « Rapport du Comité sur la protection automatique des gicleurs », qui allait devenir la norme NFPA 13 « norme pour l'installation des systèmes gicleur ». Juste après Lors d'une réunion ultérieure, le 6 novembre 1896, le groupe a voté pour la création d'une organisation entière dédiée à la promotion de la sécurité incendie. « Cette organisation sera connue sous le nom de National Fire Protection Association », stipulait l'article approuvé, et la NFPA était officiellement née.

I.4.2. La codification de la sécurité électrique

Concernant la codification de la sécurité électrique aux États-Unis, elle a suivi un chemin très similaire à celui des extincteurs automatiques. À la fin du XIX^e siècle, l'électricité devient de plus en plus utilisée partout dans les industries, et un ensemble fragmenté de normes de sécurité concernant les installations électriques avait également émergé. En 1895, il y avait

cinq normes différentes reconnues aux États-Unis qui traitaient de l'utilisation sûre des équipements électriques. Cela a une certaine confusion ainsi qu'une controverse notable.

Lors d'une réunion à New York en mars 1896, un groupe appelé Joint Conference of electrical and Allied Interests' s'est formé, et, par coïncidence c'était le même jour de la publication de Rapport du comité sur la protection des extincteurs automatique.

En 1897, ce groupe a créé le National Electrical Code. En 1911, la responsabilité de mettre à jour et de republier régulièrement les éditions de ce document a été confiée à la NFPA. Aujourd'hui, la norme NFPA 70 « National Electrical Code (NEC) » est l'un des documents pour lesquels la NFPA est la plus connue. Développement et avenir de la NFPA

Au début des années 1900, la NFPA a connu une croissance rapide, tant en termes de nombre de personnes et d'organisations impliquées dans l'association que de nombre de codes et de normes qu'elle proposait. Malgré le mot « national » dans son nom, les premiers membres internationaux ont rejoint la NFPA en 1903. En 1904, Les critères d'adhésion ont été révisés afin d'élargir l'accès à diverses personnes et entités en dehors du secteur de l'assurance incendie.

Tout comme pour les débuts de la NFPA 13 et du NEC, l'évolution des dangers et des incidents tragiques a constamment influencé le développement de la NFPA au fil du temps.

Après la mort de 146 personnes, principalement de jeunes femmes immigrantes, dans l'incendie de l'usine Triangle Shirtwaist à New York en 1911, par exemple, la NFPA a créé le Comité NFPA sur la sécurité des personnes en 1913, qui deviendra plus tard NFPA 101 « code de sécurité des personnes ».

Aujourd'hui, la NFPA publie plus de 300 codes et normes, couvrant tous les domaines de la sécurité incendie, de la vie et de l'électricité. De ses documents les plus largement utilisés, tels que NFPA 13, le NEC et NFPA 101, à des documents moins connus mais tout aussi importants comme NFPA 150, Code de sécurité incendie et de sécurité des personnes dans les installations d'hébergement des animaux, il y a peu de choses que l'association ne touche pas d'une manière ou d'une autre.[3]

I.5. Les classes de feu selon NFPA

Les classes de feu selon la NFPA et les normes européennes sont globalement similaires, à l'exception de certaines classes spécifiques introduites par la NFPA et absentes des normes européennes qui sont les classes C et K. Voici les principales classes d'incendie selon la NFPA :

➤ Classe A

Matériaux combustibles ordinaires, tels que le bois, le tissu, le papier, le caoutchouc et de nombreux plastiques. Ils brûlent avec des braises et laissent des cendres. L'extinction se fait en refroidissant le combustible à une température inférieure à la température d'inflammation. L'eau et d'autres agents extincteurs sont efficaces.

➤ Classe B

Liquides inflammables (brûlent à température ambiante) et liquides combustibles (nécessitent de la chaleur pour s'enflammer). Graisses pétrolières, goudrons, huiles, peintures à l'huile, solvants, laques, alcools et gaz inflammables. Risque d'incendie élevé ; l'eau peut ne pas éteindre le feu. L'extinction se fait en créant une barrière entre le combustible et l'oxygène, comme une couche de mousse.

➤ Classe C

Carburants qui seraient classés A ou B, sauf qu'ils impliquent des équipements électriques sous tension. Des techniques et agents spéciaux sont nécessaires pour l'extinction, le plus souvent du dioxyde de carbone ou des agents chimiques secs. L'utilisation d'eau est très dangereuse car elle conduit l'électricité.

➤ Classe D

Métaux combustibles, tels que le magnésium, le titane, le zirconium, le sodium, le lithium et le potassium. La plupart des voitures contiennent de nombreux métaux de ce type. En raison des températures de flamme extrêmement élevées, l'eau peut se décomposer en hydrogène et en oxygène, ce qui favorise la combustion ou l'explosion. Éteindre avec des poudres spéciales à base de chlorure de sodium ou d'autres sels ; utiliser également du sable propre et sec..

➤ **Classe K**

Incendies dans les appareils de cuisson utilisant des combustibles (huiles et graisses végétales ou animales).[4]

I.6. Le processus d'élaboration des normes NFPA

Les normes de la NFPA (National Fire Protection Association) sont élaborées selon un processus structuré et transparent, conçu pour garantir la rigueur technique et la participation du public. Ce processus repose sur quatre étapes fondamentales : consultation du public, Commentaires du public, Réunion technique de la NFPA (session technique) et Action du Conseil des normes (appels et publication de la norme), qui assurent que chaque norme soit fondée sur le consensus, soumise à une évaluation approfondie et ouverte aux commentaires de toutes les parties prenantes concernées. Ces étapes clés permettent d'assurer la qualité, la pertinence et l'acceptabilité des normes publiées.

I.6.1. Première étape - Consultation publique (Public Input)

Constitue la première phase du processus de révision d'une norme de la NFPA. Une fois une norme publiée, elle entre dans un nouveau cycle de révision, soit le cycle annuel, soit le cycle d'automne. Ce cycle débute par un appel à contributions, appelé Call for Public Input, au cours duquel toute personne intéressée — professionnels, parties prenantes ou grand public — est invitée à soumettre des propositions de modification ou des commentaires sur une norme existante ou un projet de norme approuvé par un comité. Cet appel à contributions est annoncé dans le NFPA News, dans le Standards Action de l'ANSI (American National Standards Institute), sur le site web de la NFPA.

I.6.1.1. Réunion d'élaboration du premier projet (First Draft Meeting)

Le comité technique examine l'ensemble des avis publics (Public Input) reçus et y apporte une réponse. Le comité peut s'appuyer sur ces contributions pour élaborer des premières révisions (First Revisions) de la norme. Le First Draft reflète alors le consensus initial atteint par le comité au cours de la réunion, basé sur une majorité simple. Toutefois, la position finale du comité technique n'est formellement établie qu'à l'issue d'un vote par bulletin (ballot) qui suit la réunion.

I.6.1.2. Vote en commission sur le premier projet

Le comité technique vote sur les révisions proposées. Celles qui obtiennent au moins deux tiers des voix figurent dans le projet officiel ; les autres sont notées comme simples suggestions du comité.

I.6.1.3. Publication du rapport de première version

Le rapport de première ébauche, qui inclut toutes les révisions approuvées, est publié pour examen public. Ce document permet à chacun de donner son avis et de soumettre des commentaires avant que le processus ne continue.

I.6.2. Deuxième étape - Commentaires du public

Une fois que le premier projet de rapport sera disponible, le public peut soumettre des commentaires. Toute objection ou proposition de changement doit être faite à ce stade. Ensuite, le comité technique se réunit pour examiner ces commentaires lors de la réunion de seconde ébauche.

I.6.2.1. Réunion de révision du projet (Second Draft Meeting)

Après la publication du First Draft, le public peut encore proposer des changements. Ces commentaires sont ensuite étudiés lors de la seconde réunion du comité.

I.6.2.2. Vote du comité sur le projet révisé

Le comité vote sur les révisions proposées lors de la seconde réunion. Celles qui sont approuvées à deux tiers sont intégrées dans la seconde ébauche ; les autres sont mentionnées comme simples commentaires du comité.

I.6.2.3. Publication du rapport de version révisée

Le rapport de seconde ébauche compile les révisions approuvées et les réponses aux commentaires publics. Il marque la fin des travaux techniques du comité avant l'approbation finale.

I.6.3. Troisième étape - Réunion du comité technique

Après les étapes de consultation publique et de commentaire public, les normes peuvent encore faire l'objet de débats lors de la réunion technique de la NFPA, qui se tient chaque année en juin.

Toute personne non satisfaite du travail du comité peut déposer un avis d'intention de proposer une motion (NITMAM), à condition de répondre à certains critères définis dans le règlement de la NFPA. Une NITMAM est une motion de modification visant à changer la norme telle que proposée dans le rapport de seconde ébauche. Ces motions, une fois validées, sont examinées et soumises au vote par les membres de la NFPA lors de la réunion technique.

Le Comité des motions examine chaque NITMAM soumise pour s'assurer qu'elle est conforme aux règles, peut en clarifier la portée, voire regrouper des motions liées. Il publie ensuite un rapport listant toutes les motions certifiées qui pourront être présentées en séance. Seules les motions certifiées et les motions de suivi (rendues nécessaires par une motion acceptée précédemment) sont autorisées à cette réunion. Si aucune NITMAM n'est déposée sur une norme, celle-ci est transmise directement au Conseil des normes (Standards Council) pour approbation finale.

Les motions recevables sont celles qui proposent des modifications fondées sur les révisions, commentaires publics ou commentaires du comité. Elles peuvent viser à :

- Accepter (en tout ou en partie) un commentaire public ou du comité
- Rejeter une révision secondaire
- Renvoyer une norme complète au comité technique pour révision

Seul l'auteur initial d'un commentaire public peut proposer une motion visant à l'accepter. Pour les autres types de motions, toute personne peut les proposer, selon les règles établies.

Lors de la réunion technique, les auteurs des motions doivent s'enregistrer avant le début. Les débats et les votes se déroulent selon les règles de la NFPA. Seuls les membres ayant rejoint la NFPA au moins 180 jours avant la session et dûment inscrits peuvent voter. Chaque motion est adoptée à la majorité simple. Si une motion est acceptée, elle doit ensuite être validée par vote du comité technique concerné.

I.6.4. Dernière étape - Appels devant le Conseil et publication de la norme

Les normes sans contestation sont directement validées par le Conseil des normes (normes par consentement). Le Conseil examine aussi les appels pour garantir le respect du processus. Une fois les appels traités, il publie officiellement la norme, qui entre en vigueur 20 jours plus tard.[5]

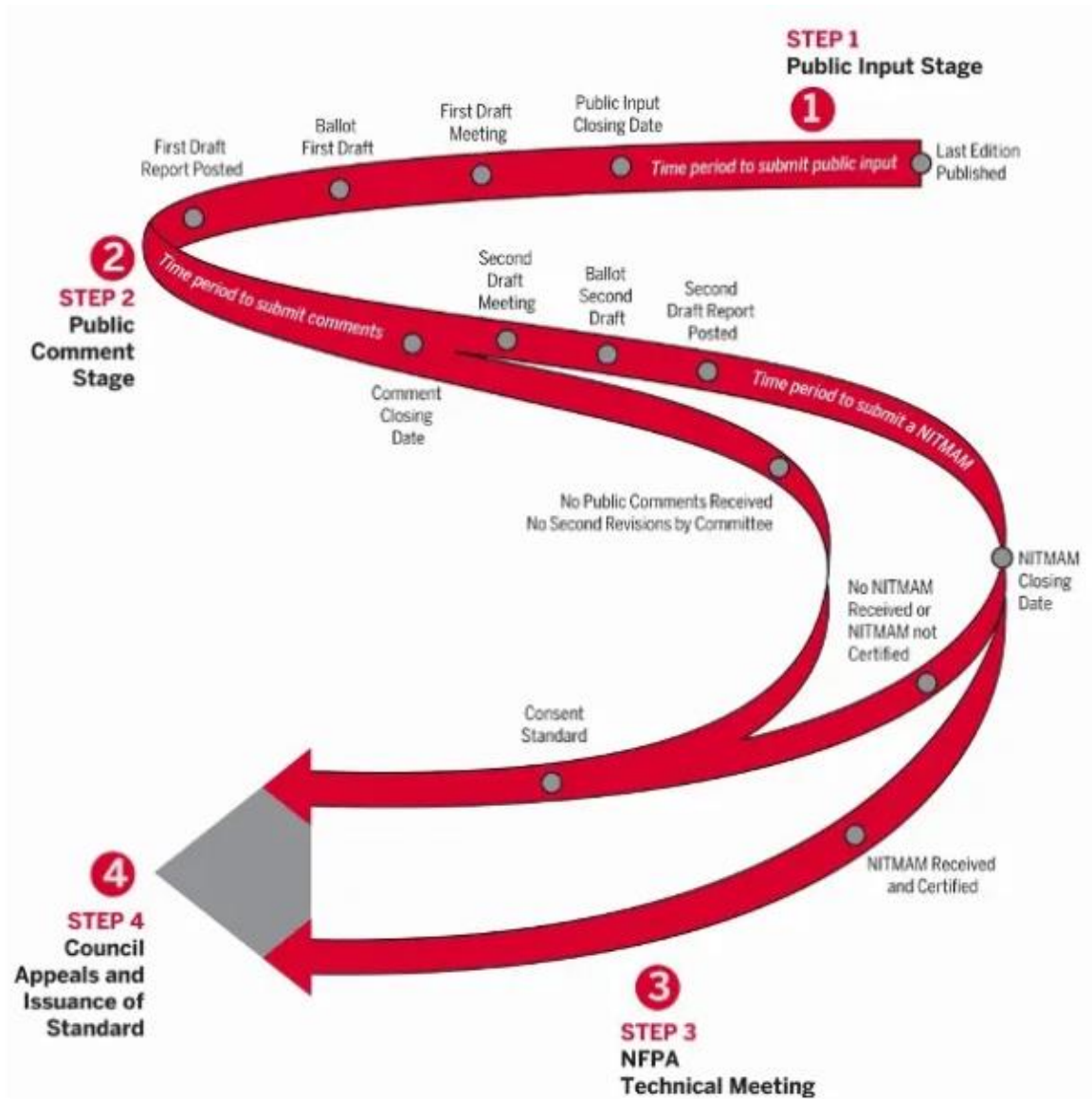


Figure I.2 : Processus d'élaboration des normes NFPA .[5]

I.7. Les principales catégories des normes NFPA

Les normes NFPA sont en constante évolution, couvrent désormais l'ensemble des domaines relatifs à la sécurité. Elles établissent un cadre normatif complet. Ces normes peuvent être classées selon les catégories suivantes :

- **Prévention et protection contre l'incendie**
 - **NFPA 1** : Code de prévention des incendies.
 - **NFPA 13** : Installation de systèmes de sprinklers.
 - **NFPA 72** : Norme sur les systèmes d'alarme et signalisation d'incendie
 - **NFPA 30** : Liquides inflammables et combustibles.

- **Bâtiments et sécurité des personnes**
 - **NFPA 101** : Life Safety Code – Sécurité des personnes dans les bâtiments.
 - **NFPA 5000** : Code de construction des bâtiments.
 - **NFPA 220** : Classification de la construction en fonction de la résistance au feu.

- **Électricité et sécurité électrique**
 - **NFPA 70** : National Electrical Code (NEC) – Norme principale pour les installations électriques.
 - **NFPA 70B** : Maintenance des systèmes électriques.
 - **NFPA 70E** : Sécurité électrique dans le milieu du travail (risques d'arc électrique).

- **Équipements de lutte contre l'incendie**
 - **NFPA 10** : Extincteurs portatifs.
 - **NFPA 12 / 2001** : Systèmes d'extinction spéciaux (gaz, CO₂, etc.).
 - **NFPA 14** : Colonnes sèches et colonnes humides.

- **Installations industrielles et spéciales**
 - **NFPA 30B** : Aérosols.
 - **NFPA 33** : Opérations de peinture par pulvérisation.

- **NFPA 58** : Gaz de pétrole liquéfié (GPL).
 - **NFPA 61** : Installations agricoles et de transformation de produits alimentaires (risques de poussières combustibles).
- **Services d'incendie et gestion des urgences**
- **NFPA 1500** : Sécurité et santé pour les pompiers.
 - **NFPA 1561** : Systèmes de gestion des incidents.
 - **NFPA 1221 / 1225** : Communication d'urgence (centres d'appel 911, etc.).
- **Risques chimiques et matières dangereuses**
- **NFPA 400** : Matières dangereuses.
 - **NFPA 472 / 1072** : Réponse aux incidents impliquant des matières dangereuses
 - **NFPA 704** : Système d'identification des dangers (le fameux losange coloré).

I.8. NFPA 2001 (version 2022)

I.8.1. Définition

NFPA 2001 (Norme sur les systèmes d'extinction d'incendie à agents propres) est une norme publiée par la National Fire Protection Association (NFPA) qui établit les exigences minimales pour la conception, l'installation, l'entretien, l'inspection, les essais et la sécurité des systèmes d'extinction à agents propres (clean agents).[6]

I.8.2. Origine et développement

Après la découverte des effets destructeurs des halons sur la couche d'ozone (notamment suite au Protocole de Montréal de 1987) un Comité technique sur des agents alternatives aux halons a été créé en 1991 et a immédiatement commencé à travailler sur les nouveaux agents propres pour systèmes d'inondation totale en cours de développement pour remplacer l'Halon 1301. Il était nécessaire d'expliquer comment concevoir, installer, entretenir et exploiter les systèmes utilisant ces nouveaux agents propres, c'est dans ce contexte que la norme NFPA 2001 a été

créée. L'édition de 1994 était la première édition de cette norme. Elle a été révisée en 1996, 2000 et 2004.

En janvier 2005, les comités techniques responsables des normes NFPA 12, NFPA 12A et NFPA 2001 ont été regroupés au sein du Comité technique sur les systèmes d'extinction d'incendie à gaz afin de mieux traiter et résoudre les problèmes entre ces documents. Cette mesure visait à faciliter la corrélation et la cohérence, conformément aux exigences de l'Agence américaine de protection de l'environnement. L'édition 2008 a ajouté des exigences pour les systèmes d'application locaux.

L'édition 2012 comprenait des informations supplémentaires sur l'impact environnemental des agents propres

L'édition 2015 a ajouté du nouveau contenu concernant le recyclage et l'élimination des agents propres, ainsi que de nouveaux critères de conception pour les systèmes IG-01 à 200 et 300 bars. Un exemple de rapport d'acceptation du système a été ajouté pour faciliter la conformité aux pratiques de mise en service. Le comité a mis à jour toutes les références et a examiné les critères de conception des tuyauteries par rapport au code de tuyauterie référencé. Cette édition a également révisé les exigences relatives à l'emplacement des bouteilles, à l'intégrité de l'enceinte et aux espaces inoccupés L'édition 2022 intègre plusieurs modifications structurelles majeures et de nouveaux chapitres. Les exigences sont supprimées du chapitre 1 et intégrées à un nouveau chapitre 4 sur les exigences générales afin de se conformer au Manuel de style de la NFPA. Les informations sur les effets toxicologiques et physiologiques des agents propres sont transférées de l'annexe A vers une nouvelle annexe distincte. Les exigences de conception des systèmes concernant uniquement les systèmes par inondation totale (total flooding) sont déplacées du chapitre sur la conception des systèmes vers un nouveau chapitre distinct, similaire au chapitre sur les systèmes d'application locale, afin d'identifier plus clairement les exigences applicables aux deux types de systèmes. Les exigences relatives aux systèmes de détection, d'actionnement, d'alarme et de contrôle sont déplacées du chapitre sur les composants vers un nouveau chapitre distinct afin de mieux tenir compte de leur caractère systématique. Un nouveau chapitre sur la dégradation est ajouté. Une nouvelle annexe sur les conteneurs de stockage des agents liquides vaporisants est ajoutée. Plusieurs mises à jour techniques sont également incluses dans cette édition, notamment les critères de conception d'un nouvel agent propre (mélange d'halocarbures

55 ou HB-55) et des systèmes FK-5-1-12 à 60 bar, la clarification de la terminologie et des exigences relatives aux concentrations d'agent propre, une nouvelle définition du feu profond, de nouvelles informations sur la pureté de l'agent propre et la toxicité potentielle des impuretés, des courbes de pression actualisées pour le HFC-125 et des tableaux de quantités totales d'inondation actualisés pour les agents inertes. De plus, les concepteurs sont désormais tenus de prendre en compte les effets potentiels du bruit acoustique produit par le système d'agent propre en présence d'équipements sensibles au bruit.[6]

I.8.3. Publication officielle de la norme NFPA 2001 (2022)

Cette édition de la norme NFPA 2001, Norme sur les systèmes d'extinction d'incendie à agent propre, a été préparée par le Comité technique sur les systèmes d'extinction d'incendie à gaz et supervisée par les membres de la NFPA lors de la réunion technique 2021 de la NFPA, qui s'est tenue du 14 juin au 2 juillet. Elle a été publiée par le Conseil des normes le 26 août 2021 et est entrée en vigueur le 15 septembre 2021. Elle remplace toutes les éditions précédentes.

Cette édition de la norme NFPA 2001 a été approuvée comme norme nationale américaine le 15 septembre 2021. [6]

I.8.4. Les chapitres de la norme NFPA 2001

-Chapitre 1 : Administration.

Ce chapitre définit le cadre général d'application de la norme : son but, son champ d'application, la prise en compte de la rétroactivité, l'équivalence avec d'autres méthodes, et les unités utilisées.

-Chapitre 2 : Publications Référencées

Liste des documents et normes complémentaires nécessaires à la compréhension et à l'application correcte de la norme.

-Chapitre 3 : Définitions

Clarification des termes spécifiques utilisés dans la norme pour assurer une compréhension uniforme.

-Chapitre 4 : Exigences Générales

Conditions générales pour la formation du personnel, la sécurité des techniciens, la compatibilité avec d'autres agents, et les facteurs environnementaux à prendre en compte.

-Chapitre 5 : Composants

Détail des exigences pour l'alimentation en agent et la distribution des systèmes.

-Chapitre 6 : Conception des Systèmes

Directives pour la préparation des plans, les approbations, et les calculs de débit pour la conception des systèmes.

-Chapitre 7 : Systèmes de Remplissage Total

Spécifications pour les systèmes visant à saturer complètement un espace protégé par un agent extincteur.

-Chapitre 8 : Systèmes d'Application Locale

Directives pour les systèmes appliquant l'agent directement sur les risques spécifiques, avec spécifications sur les buses et la localisation.

-Chapitre 9 : Détection, Activation, Alarme et Commande des Systèmes

Exigences sur la détection automatique, les dispositifs de commande, les alarmes, et les équipements de contrôle pour la libération de l'agent.

-Chapitre 10 : Approbation des Installations

Procédures de validation incluant la sécurité, les tests d'acceptation, et la documentation des installations.

-Chapitre 11 : Inspection, Entretien, Tests, Maintenance et Formation

Méthodes et la formation du personnel.

-Chapitre 12 : Gestion des Défaillances (Impairment)

Procédures à suivre lorsque les systèmes sont temporairement hors service, pour garantir la sécurité pendant ces périodes.

-Chapitre 13 : Systèmes Marins

Exigences spécifiques aux systèmes de protection incendie pour les applications marines, y compris pour les espaces protégés par des cylindres.

-Et un ensemble des Annexes A-F :

- **A** : Matériel explicatif supplémentaire.
- **B** : Effets toxicologiques et physiologiques des agents propres et de leurs produits de décomposition.
- **C** : Méthode du brûleur-coupelle pour déterminer la concentration minimale d'extinction.
- **D** : Procédure d'intégrité de l'enceinte.
- **E** : Évaluation de l'enceinte.
- **F** : Stockage des agents sous forme de liquides vaporisants. [6]

1.8.5. Les agents visés par la norme NFPA 2001

Voici un tableau synthétique des principaux agents propre d'extinction cité dans la norme NFPA 2001 version 2022 :

Tableau I.1: les agents mentionnés dans la norme NFPA 2001[6]

Désignation de l'agent	Dénomination chimique	formule chimique
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$
HCFC Blend A	Dichlorotrifluoroethane HCFC-123 (4.75%)	CHCl_2CF_3
	Chlorodifluoromethane HCFC-22 (82%)	CHClF_2
	Chlorotetrafluoroethane HCFC-124 (9.5%)	$\text{CHClF}_2\text{CF}_3$
	Isopropenyl-1-methylcyclohexene (3.75%)	
HCFC-124	Chlorotetrafluoroethane	$\text{CHClF}_2\text{CF}_3$
HFC-125	Pentafluoroethane	CHF_2CF_3
HFC-227ea	Heptafluoropropane	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$
HFC-23	Trifluoromethane	CHF_3
HFC-236fa	Hexafluoropropane	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$
FIC-1311	Trifluoroiodide	CF_3I
IG-01	Argon	Ar
IG-100	Nitrogen	N_2
IG-541	Nitrogen (52%)	N_2
	Argon (40%)	Ar
	Carbon dioxide (8%)	CO_2

IG-55	Nitrogen (50%)	N ₂
	Argon (50%)	Ar
HFC Blend B	Tetrafluoroethane (86%)	CH ₂ FCF ₃
	Pentafluoroethane (9%)	CHF ₂ CF ₃
	Carbon dioxide (5%)	CO ₂
Halocarbon Blend 55 (HB-55)	Trans-1-Chloro-3,3,3-trifluoropropene (50%)	CF ₃ CH=CHCl
	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one (50%)	CF ₃ CF ₂ C(O)CF(CF ₃) ₂

I.8.6. Autres normes applicables aux systèmes à agents propres

Outre la norme NFPA 2001, il existe d'autres normes qui traitent des systèmes d'extinction pour agents, telles que la norme internationale ISO 14520, la norme européenne EN 15004 et des normes spécifiques publiées par Underwriters Laboratories (UL), telles que UL 2166. Ces normes incluent des exigences similaires pour la conception, la mise en œuvre et le fonctionnement des systèmes d'extinction à gaz dans divers contextes.

I.9. L'importance de la NFPA sur la sécurité incendie

Les normes NFPA couvrent un large éventail de sujets, de l'installation de sprinklers à la sécurité des personnes, en passant par les systèmes de protection, et bien plus encore, le respect de ces normes est important pour de nombreuses raisons. En voici quelques-unes :

➤ **Sécurité des personnes** : Les normes NFPA sont spécifiquement conçues pour protéger les personnes grâce à des directives décrivant l'installation, les tests et la maintenance de divers systèmes de détection, de protection et d'extinction d'incendie, ainsi que les protocoles d'évacuation et même la conception des bâtiments. En matière de sécurité incendie, la sécurité des personnes est la priorité absolue. C'est pourquoi le respect des normes NFPA est essentiel pour protéger les personnes et prévenir les blessures.

➤ **Protection des biens** : Nombre des directives relatives à la protection des personnes s'appliquent également à la protection des biens. L'installation correcte des systèmes de détection, de protection et d'extinction d'incendie est essentielle pour garantir leur bon fonctionnement en cas d'urgence, tout comme le respect d'un calendrier normalisé d'inspection et de tests.

Ignorer les normes NFPA s'accompagne d'un risque accru d'incendie. Des comités composés d'experts du secteur collaborent à l'élaboration de ces codes et normes. De plus, elles sont constamment mises à jour pour garantir leur actualité.

➤ **Conformité réglementaire :** Bien que la NFPA elle-même n'applique pas les normes, ces réglementations sont largement reconnues et intégrées aux codes du bâtiment et de prévention des incendies des États et des collectivités locales. Le respect des normes NFPA en matière d'incendie contribue non seulement à protéger les occupants et les biens contre les incendies, les dommages électriques et autres dommages connexes, mais permet également aux propriétaires de respecter les réglementations locales. Cela dit, les propriétaires doivent tout de même connaître les codes du bâtiment et de prévention des incendies locaux. Ceux-ci peuvent même aller au-delà des directives de la NFPA dans certaines juridictions.

Le non-respect des codes du bâtiment et de prévention des incendies peut avoir des conséquences juridiques. Les propriétaires qui ne respectent pas ces exigences s'exposent à des amendes, voire à des peines de prison.

➤ **Exigences en matière d'assurance :** En raison de leur large reconnaissance, de nombreuses compagnies d'assurance exigent le respect des normes NFPA. La mise en œuvre de ces réglementations peut contribuer à maintenir les primes d'assurance à un niveau bas et à garantir une couverture en cas d'incendie. [7]

I.10. Conclusion

Ce chapitre a présenté de manière générale la NFPA ainsi que la norme NFPA 2001, permettant ainsi de mieux comprendre le cadre réglementaire applicable aux systèmes d'extinction. Cette compréhension est essentielle, car ces normes seront utilisées comme références dans l'étude qui suit.

Chapitre II:
Système d'extinction
NOVEC 1230

II.1. Introduction

Pour protéger certaines installations et équipements sensibles contre l'incendie, il est essentiel de préserver leur intégrité afin de pouvoir les réutiliser après l'extinction, notamment lorsqu'il s'agit de matériels électriques ou électroniques. Les systèmes d'extinction à agent propre sont conçus pour cela, en particulier les systèmes NOVEC 1230. Ce fluide présente l'avantage d'être non corrosif et non conducteur d'électricité et il ne laisse pas de résidus après l'utilisation, ce qui le rend particulièrement adapté à la protection des locaux abritant des installations électriques et électroniques. En plus de cela, il ne présente aucun risque pour la couche d'ozone et pour l'environnement.

Ce chapitre présente les principes de fonctionnement des systèmes d'extinction automatique, les caractéristiques techniques et physico-chimiques du fluide Novec 1230, ainsi que le fonctionnement des systèmes d'extinction utilisant le Novec 1230. Il met également en lumière les avantages et les limites de cette technologie dans des contextes variés d'application.

II.2. Généralité sur les systèmes d'extinction automatique

II.2.1. Définition

Les systèmes d'extinction automatique sont conçus pour détecter un départ de feu et réagir immédiatement. Ils fonctionnent grâce à des détecteurs ou à un tube spécifique, déclenchant les systèmes de suppression. Ils apportent une réponse ciblée en s'activant uniquement sur les zones affectées par l'incendie. Ainsi, ils permettent de minimiser les dégâts en empêchant la propagation rapide des flammes.[8]

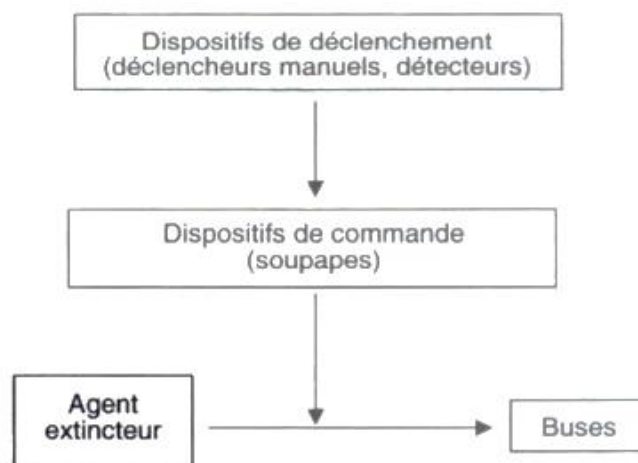


Figure II.1: Principe de fonctionnement d'une installation fixe d'extinction [17]

II.2.2. Les différents types d'agents propre d'extinction

Il existe plusieurs types d'agents propre, chacun présentant ses propres avantages, inconvénients, prix et contraintes de conception. Voici les principales catégories d'agents Propre d'extinction :

II.2.2.1. Dioxyde de carbone

Bien que la NFPA ne le classe pas comme tel, le dioxyde de carbone (CO₂) peut être considéré comme l'agent propre d'origine. Il agit en éliminant l'oxygène de l'équation tout en refroidissant le feu. La principale limite à son utilisation est que, pour être efficace, il doit déplacer l'oxygène à un niveau mortel pour l'homme. De ce fait, les nouveaux systèmes au CO₂ ont des applications limitées et leur installation dans des locaux normalement occupés est généralement interdite. la norme NFPA 12, fournit des informations sur les exigences spécifiques relatives à l'installation de systèmes au CO₂. [9]

II.2.2.2. Agents halocarbonés

Les agents halocarbures sont des agents dont les composants principaux sont un ou plusieurs composés organiques contenant un ou plusieurs éléments parmi le fluor, le chlore, le brome ou l'iode. Parmi ces composés, on peut citer les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), les perfluorocarbures (PFC ou FC), les fluoroiodocarbures (FIC) et les fluorocétones (FK).

Les halocarbures éteignent les incendies grâce à une combinaison de mécanismes chimiques et physiques. Ils agissent principalement en interrompant la réaction chimique en chaîne du feu. Ils extraient également la chaleur du feu, réduisant la température de la flamme jusqu'à ce qu'elle soit inférieure au seuil nécessaire au maintien de la combustion. L'appauvrissement en oxygène joue également un rôle essentiel dans la réduction de la température de la flamme.

Les agents halocarbures sont traditionnellement appelés « agents de remplacement du halon » depuis leur développement pour offrir une alternative plus écologique au halon, un extincteur efficace aujourd'hui abandonné. Les halons sont reconnus comme des substances appauvrissant la couche d'ozone stratosphérique. De fait, ils sont considérés comme les plus puissants de toutes. Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone stratosphérique est un accord international visant à contrôler la production

et le commerce de ces substances. Signé par plus de 140 pays, cet accord est administré par le Programme des Nations Unies pour l'environnement. [9]

II.2.2.3. Gaz inerte

Un agent gazeux inerte contient un ou plusieurs des gaz suivants : hélium, néon, argon ou azote, et peut également contenir du dioxyde de carbone comme composant mineur. Contrairement au CO₂, les gaz inertes ne sont pas mortels pour l'homme à faible concentration (bien que cela reste un problème lorsque les niveaux d'oxygène sont bas). Les gaz inertes éteignent les incendies principalement en réduisant la concentration en oxygène et en abaissant la température de la flamme en dessous de la température requise pour la combustion. Bien que les gaz inertes soient un moyen efficace d'extinction des incendies, ils ne sont pas aussi efficaces que les agents halocarbures et nécessitent une dispersion plus importante d'agent pour éteindre un incendie.

Comme pour les agents halocarbonés, des exigences spécifiques pour les systèmes à gaz inerte peuvent être trouvées dans la norme NFPA 2001 sur les systèmes d'extinction d'incendie à agent propre. [9]

II.3. Présentation du NOVEC 1230 (FK-5-1-12)

II.3.1. Définition

Le fluoro(2-méthyl-3-pentanone) (Novec 1230) est un nouveau produit de protection incendie propre, initialement commercialisé par 3M en 2001. Avec un ODP quasi nul, un potentiel de réchauffement global (GWP) de 1 et une durée de vie atmosphérique (DVA) de 0,014, cet agent est déjà utilisé dans de nombreux domaines et a presque entièrement remplacé l'halon 1211. [10]

II.3.2. Domaine d'application du NOVEC 1230

Le système d'extinction d'incendie à agent propre NOVEC 1230 est uniquement recommandé pour une utilisation dans les classes A, B et C. Le concepteur doit connaître la classe de danger pour prendre une décision éclairée sur la sélection d'un pourcentage de concentration de conception, de la quantité d'agent, etc.



Figure II.2 : Classes de feu compatibles avec le NOVEC 1230

II.3.3. Propriétés physicochimiques

Le NOVEC 1230 n'est pas conducteur d'électricité grâce à son fort pouvoir diélectrique. Il ne laisse aucun résidu sur les équipements après la diffusion. Il est liquide à température ambiante. Le fluide est en phase liquide dans le réseau de tuyauteries et se vaporise à la sortie des buses. Il est émis en un temps inférieur à 10 secondes. Cette détente abaisse légèrement la température du local sans toutefois créer de choc thermique. [11]

Voici un tableau qui résume l'ensemble de caractéristique du NOVEC 1230

Tableau II.1 Propriétés physicochimiques du NOVEC 1230 [12]

Propriétés physiques types	Liquide Novec 1230
Formule chimique	$CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$
Poids moléculaire	316.04
Point d'ébullition à 1 atm	49,2° C (120,6° F)
Point de gel	-108,0° C (-162,4° F)
Température critique	168,7° C (335,6° F)
Pression critique	18,65 bar (270,44 psi)
Volume critique	494,5 cm ³ /mole (0,0251 pi ³ /lb)
Densité critique	639,1 kg/m ³ (39,91 lbm/pi ³)
Densité de saturation, Liquide	1,60 g/ml (99,9 lbm/pi ³)
Densité gazeuse à 1 atm	0,0136 g/ml (0,851 lbm/pi ³)
Volume spécifique gazeux à 1 atm	0,0733 m ³ /kg (1,175 pi ³ /lb)
Chaleur spécifique liquide	1,103 kJ/kg° C (0,2634 BTU/lb° F)
Chaleur spécifique, vapeur à 1 atm	0,891 kJ/kg° C (0,2127 BTU/lb° F)
Chaleur de vaporisation au point d'ébullition	88,0 kJ/kg (37,9 BTU/lb)
Viscosité liquide à 0° C/25° C	0,56/0,39 centistokes
Solubilité de H ₂ O dans liquide Novec 1230	<0,001 % par poids
Pression de vaporisation	0,404 bar (5,85 psig)
Puissance diélectrique relat. à 1 atm (N ₂ =1,0)	2.3

II.3.4. Mécanisme d'extinction

Les agents halogénés éteignent le feu principalement par élimination de la chaleur, c'est-à-dire que la température de la flamme est réduite à une température inférieure à celle nécessaire au maintien de la combustion. Le mécanisme d'élimination de la chaleur est une méthode d'extinction beaucoup plus efficace que le mécanisme de dilution de l'oxygène. [10]

Le Novec 1230 éteint le feu grâce à une combinaison de ses propriétés d'extinction physique et chimique. L'extinction physique dépend de son refroidissement, qui absorbe la chaleur. Le Novec 1230 est liquide à température ambiante et son point d'ébullition est de seulement 49 °C. Par conséquent, une vaporisation peut facilement se produire, ce qui peut entraîner une importante dissipation de chaleur. L'extinction chimique dépend principalement de ses productions de décomposition thermique, telles que CF₃ et CF₂, qui pourraient réduire les concentrations de radicaux.

le Novec 1230 à faible concentration (en fraction volumique, $X_a < 2\%$) pourrait favoriser la combustion de combustibles pauvres (rapports d'équivalence CH₄/air de 0,63) car il participe à la réaction de combustion. De plus, cette réaction pourrait produire des sous-produits toxiques tels que les gaz HF et CF₂ [15]

II.3.5. Concentration de conception

II.3.5.1. Concentration de conception finale (FDC)

Concentration réelle de l'agent propre utilisé qui est rejeté dans l'enceinte.[6]

II.3.5.2. Concentration minimale de conception (MDC)

Concentration de l'agent qui doit être utilisée. Elle est déterminée en appliquant un facteur de sécurité à la concentration minimale d'extinction pour le(s) danger(s) à protéger. [6]

II.3.5.3. Concentration minimale de conception pour un danger de classe C

Elle doit être la concentration minimale d'extinction de classe A (feux impliquant des matériaux solides ordinaires combustibles), telle que déterminée au point, multipliée par un facteur de sécurité de 1,35.[6]

II.3.5.4. Concentration minimale d'extinction (MEC)

Concentration d'agent permettant l'extinction d'un combustible donné, déterminée conformément aux classe A, B ou C, respectivement. .[6]

Voici un tableau qui résume Extinction de flamme de classe A et concentrations minimales de conception des classes A et C testées selon les normes UL 2166 et UL 2127 :

Tableau II.2: la concentration minimale d'extinction et de conception des agents pour les dangers de classe A et la concentration de conception des agents pour les dangers de classe C [6]

Agent	Class A MEC	Classe A Concentration minimale en conception	Classe C Concentration minimale de conception
FK-5-1-12	3.3	4.5	4.5
HFC-125	6.7	8.7	9.0
HFC-227ea	5.2	6.7	7.0
HFC-23	15.0	18.0	20.3
IG-541	28.5	34.2	38.5
IG-55	31.6	37.9	42.7
IG-100	31.0	37.2	41.9

Selon le tableau ci-dessus, la concentration minimale d'extinction du Novec 1230 pour les dangers de classe A est de 3,3 %, tandis que sa concentration minimale de conception pour les dangers de classe C est 4,5 %.[6]

II.3.6. Propriétés toxicologiques du NOVEC 1230

L'exposition humaine à tout agent extincteur est inévitable, il est donc important de connaître les propriétés toxicologiques de tout agent extincteur notamment le NOVEC 1230. Les deux critères d'évaluation de la toxicité utilisés pour décrire les niveaux d'exposition admissibles sont (1) dose sans effet nocif observé (NOAEL) et (2) le niveau d'effet indésirable le plus faible observé (LOAEL). Ce tableau résume les valeurs NOAEL, LOAEL des différents agents halocarbonnés [16]

Tableau II.3 : :Données de toxicité pour les agents extincteurs à base d'halocarbures propres[16]

Agent	Nom commercial	CL50 et ALC (%)	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FIC-1311	Triodure	>12,8	0,2	0,4
FK-5-1-12	Novec 1230	>10	10	>10
Mélange HCFC A	NAFS-III	64	10	>10
HCFC-124	FE-24	23-29	1	2,5
HFC-125	FE-25	>70	7,5	10.0
HFC-227ea	FM-200	>80	9	10,5
HFC-23	FE-13	>65	30	>30
HFC-236fa	FE-36	>45,7	10	15
Mélange HFC B	Halotron II	56.7a	5.0a	7.5a

(1) La CL50 est la concentration létale pour 50 % d'une population de rats lors d'une exposition de 4 heures. ALC est la concentration létale approximative.

D'après ce tableau, on constate que la valeur LOAEL du NOVEC 1230 qui est 10% est bien supérieur à sa concentration de conception (Classe C : 4.5%) donc l'utilisation de cet agent à des concentrations opérationnelles ne présente pas de danger significatif pour les occupants, même en cas d'exposition temporaire.

Les principaux effets de toxicité aiguë lorsque la valeur LOAEL des agents halocarbonés est dépassé sont l'anesthésie et la sensibilisation cardiaque. [16].

II.3.7. Impact de NOVEC 1230 sur l'environnement

Une fois rejetés dans l'environnement, les composés organiques peuvent être éliminés de l'atmosphère de plusieurs manières. Des études menées sur le fluide Novec 1230 ont déterminé les taux de perte atmosphérique via ces mécanismes d'élimination et l'effet sur la durée de vie atmosphérique de ce composé. La très faible solubilité dans l'eau du fluide Novec 1230 et son faible degré de partage dans l'eau liquide se sont avérés empêcher l'hydrolyse atmosphérique d'être un mécanisme d'élimination significatif. Le principal puits atmosphérique pour l'agent Novec 1230 est la photolyse. Il présente une forte absorption d'énergie aux longueurs d'onde proches de l'UV, ce qui entraîne une durée de vie atmosphérique très courte. Le taux de photolyse dans des conditions atmosphériques et le mécanisme de décomposition de ce composé ont été étudiés par deux groupes de recherche différents^{1,2}. Le taux de photolyse de la fluorocétone conduit à une durée de vie

atmosphérique d'environ une semaine, ce qui est cohérent avec l'étude 3M qui a trouvé que la durée de vie atmosphérique du fluide Novec 1230 était de l'ordre de 5 jours.[12]

Et puisque le NOVEC 1230 ne contient ni chlore ni brome, son potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone est zéro.

II.3.8. Potentiel de réchauffement global (GWP)

Le PRG de Novec 1230 est inférieur à 1, ce qui est négligeable par rapport aux autres agents halocarbonés. Cela signifie que son effet sur le réchauffement climatique est minimal lorsqu'il est libéré dans l'atmosphère.[12]

II.3.9. Comparaison des propriétés environnementales avec les autres agents

Ce tableau illustre le potentiel de réchauffement global (GWP) et le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (ODP) de différents agents d'extinction

Tableau II.4: les propriétés environnementales des agents halocarbonés [6]

Agent	GWP (IPCC 2013)	ODP
FIC-1311	≤1	0*
FK-5-1-12	<1	0
HCFC Blend A	1500	0.048
HFC Blend B	1400	0
HCFC-124	527	0.022
HFC-125	3170	0
HFC-227ea	3350	0
HFC-23	12,4	0
HFC-236fa	8060	0

Le **GWP** (*Global Warming Potential*) ou **Potentiel de Réchauffement Global** mesure l'impact d'un gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique.

Le **ODP** (*Ozone Depletion Potential*) ou **Potentiel d'Épuisement de la Couche d'Ozone** évalue la capacité d'une substance à appauvrir la couche d'ozone,

D'après ce tableau on remarque que le Novec 1230 est clairement l'un des agents le plus écologique de cette liste, avec un ODP de 0, un GWP très faible, et une durée de vie atmosphérique courte, ce qui en fait un choix respectueux de l'environnement.

Les autres agents, bien que souvent utilisés dans des systèmes de suppression d'incendie, présentent des impacts environnementaux beaucoup plus importants, notamment en termes de réchauffement global et de durée de vie dans l'atmosphère. Ces agents sont généralement moins favorables à long terme pour l'environnement.

Ainsi, le Novec 1230 est la meilleure option en termes de sécurité environnementale, tandis que les autres agents doivent être utilisés avec prudence et dans des applications où des alternatives plus écologiques ne sont pas disponibles.[12]

II.4. Fonctionnement des systèmes NOVEC 1230 :

Dans le complexe GP1/Z Sonatrach on trouve les systèmes GAMMA et SIGMA. Qui sont des systèmes d'extinction automatique d'incendie. Conçus pour être utilisés avec le fluide de protection incendie 3M Novec 1230, ils se composent de trois composants de base :

➤ Composants de stockage/distribution

Les composants de stockage comprennent les conteneurs d'agent, les supports de conteneurs (étagères), les tuyauteries et les buses de décharge pour la distribution de l'agent extincteur.

➤ Panneaux de contrôle

Le Panneau de contrôle est le cerveau du système et sert à surveiller la détection et les accessoires.

➤ Dispositifs de détection et d'alarme

Les dispositifs de détection, d'alarme et les accessoires sont les appareils externes qui agissent comme les yeux et la voix du système, en émettant des signaux visuels ou sonores.[13]

Ces systèmes sont conçus pour fonctionner avec l'agent extincteur NOVEC 1230

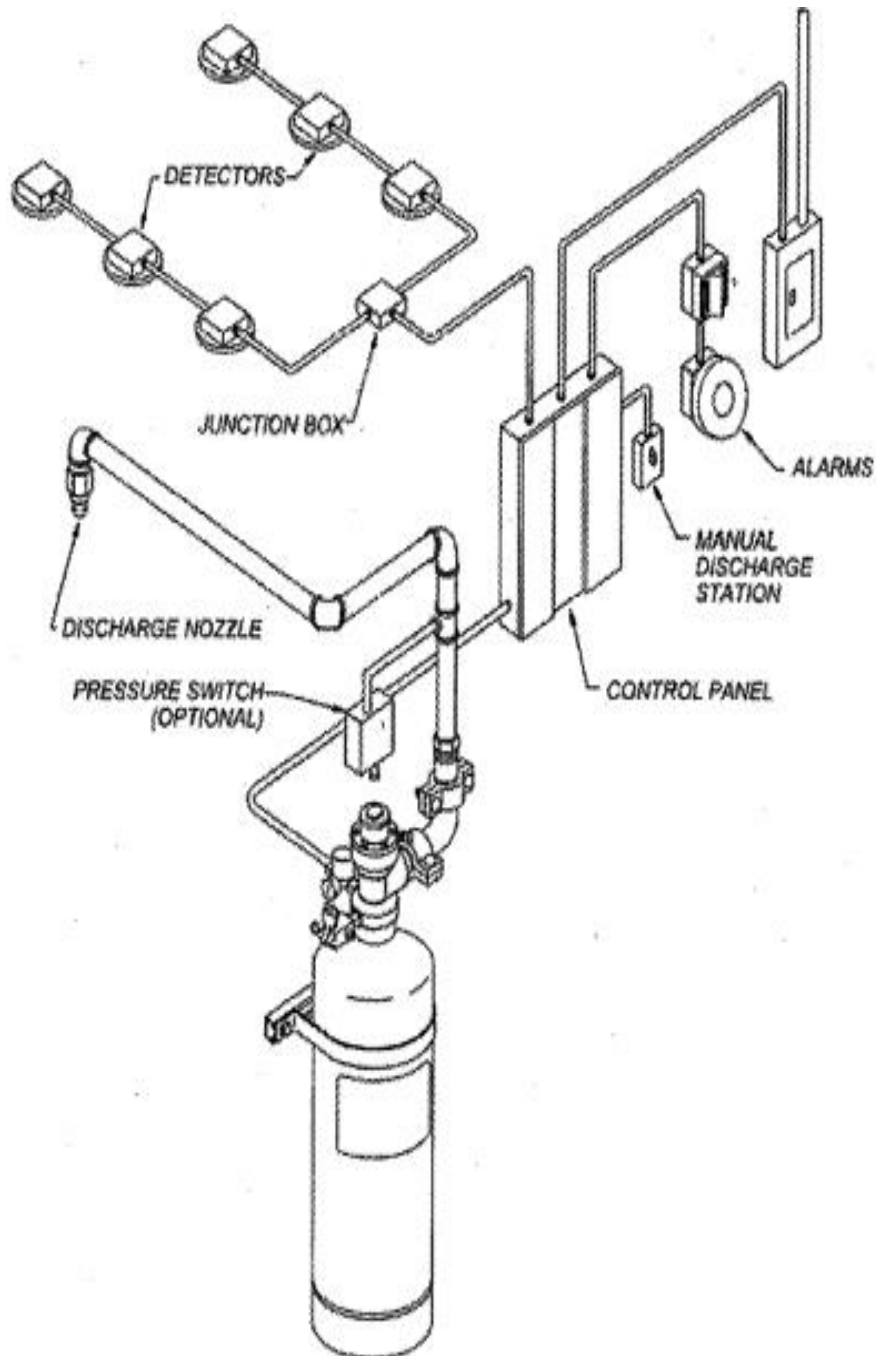


Figure II.3 :Eléments type d'un système[13]

II.4.1. Les systèmes GAMMA et SIGMA

Ces systèmes permettent des débits de décharge élevés et sont particulièrement adaptés aux zones demandant de grandes quantités de gaz en peu de temps[13]

Voici un tableau qui résume les caractéristiques de chaque système :

Tableau II.3: Caractéristiques des systèmes GAMMA et SIGMA[13]

Élément	Système GAMMA	Système SIGMA
Assemblage des bouteilles	<ul style="list-style-type: none"> - 4 tailles différentes de bouteilles. - 4 densités de charge : 561 à 1121 kg/m³. - Pressurisation à l'azote sec. - Pression : 360 psi (2482 kPa) à 21,1 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 dimensions : 600 lb, 750 lb, 1000 lb. - Pressurisation à l'azote sec. - Pression : 360 psi (2482 kPa) à 21,1 °C.
Bouteilles	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication selon les règlements DOT. - Col fileté pour fixation de la vanne. - Bossage pour indicateur de niveau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication selon les règlements DOT. - Cols filetés à l'intérieur pour connexion des vannes. - Bossage pour indicateur de niveau.
Tube plongeur	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur jusqu'à 38 mm du fond. - Ø extérieur : 60,3 mm (2" 3/8 in). - Épaisseur : 3,2 mm (1/8 in). - Filetage : 2" 3/8 in 12UN-2A. 	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur jusqu'à 25 mm du fond. - Ø extérieur : 88,9 mm (3-1/2 in). - Épaisseur : 3,2 mm (1/8 in). - Filetage : 3-1/2 in 12UN-2A.
Vanne de bouteille	<ul style="list-style-type: none"> - Vanne à ouverture rapide, en bronze forgé. - Contrôle du débit de Novec 1230. - Filetage 4.5 in (114,3 mm) avec joint torique. - Soupape en caoutchouc synthétique fixée à un support métallique. - Le support maintient le tube plongeur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identique au système GAMMA : vanne à ouverture rapide en bronze forgé, filetage 4.5 in (114,3 mm) avec joint torique, soupape et support identiques.
Disque de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> - Deux disques de sécurité cassables sont situés sur les côtés opposés et protège celle-ci contre une pression interne excessive. - Pression d'éclatement : entre 850 et 1 000 psi (5 860 kPa et 6 895 kPa). 	<ul style="list-style-type: none"> - Un disque de sécurité cassable est situé sur le collier ou le vanne de la bouteille - Pression d'éclatement : entre 850 et 1 000 psi (5 860 kPa et 6 895 kPa).

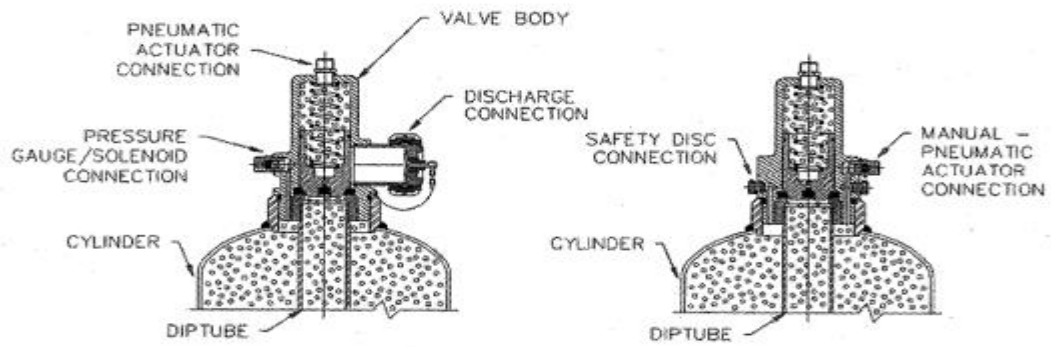


Figure III.4 :vanne de bouteille GAMMA (Vue en coupe). [13]

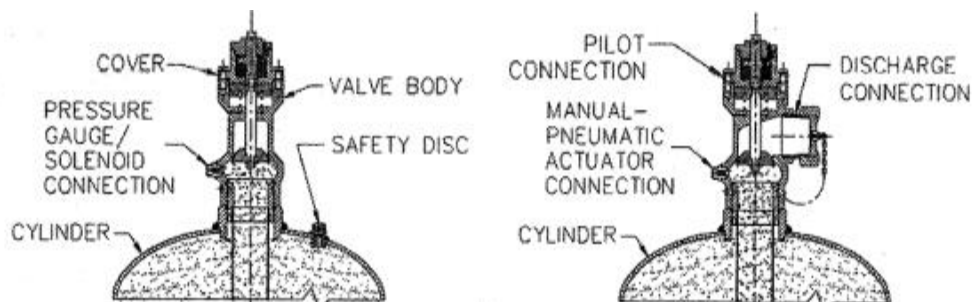


Figure II.5: vanne de bouteille SIGMA (Vue en coupe). [13]



Figure II.6 : Bouteilles d'agent extincteur SIGMA – Fluide Novec 1230



Figure II.7: Bouteilles d'agent extincteur SIGMA – Fluide Novec 1230

II.4.2. Utilisation des systèmes

II.4.2.1. Utilisation des vannes de bouteilles de type Gamma

La vanne est conçue pour avoir une pression identique au-dessus et en dessous du piston (A) en mode de veille (schéma dans la Figure III.8). La pression exercée par le ressort (D) et la pression interne appuie sur un joint entre l'élastomère de la soupape de l'assemblage (C) et l'anneau de la soupape (A). Un joint torique au fond de la vanne de la bouteille assure l'étanchéité entre la vanne de la bouteille et la sortie filetée de la bouteille [13]

La Figure ci-dessous illustre les deux positions de la vanne : d'une part le mode veille (standby), pendant lequel la vanne attend d'être déclenchée, et le mode déclenchement automatique (actuated), pendant lequel la vanne a été déclenchée électriquement par une centrale de détection d'incendie. [13]

➤ Mode Veille

La pression est appliquée identiquement au-dessus et en-dessous du piston. La pression est appliquée sur la vanne solénoïde et sur la jauge de pression de la vanne solénoïde pilote (G). La pression est aussi appliquée sur la soupape du clapet anti-retour (I) lié au déclencheur manuel-pneumatique (H) et au déclencheur pneumatique (J). La sortie de la vanne solénoïde est connectée via un connecteur flexible 3/16 in (4.8 mm) (K) au port B du déclencheur manuel-pneumatique. Le port A du déclencheur manuel-pneumatique est connecté au déclencheur pneumatique par un autre connecteur flexible 3/16 in (4.8 mm) (L)[13]

➤ **Déclenchement automatique**

La vanne solénoïde pilote reçoit un signal électrique de centrale de détection incendie, qui provoque son ouverture et lui fait appliquer la pression pilote à travers le port B du connecteur manuel pneumatique (H). Ce dernier applique ensuite la pression sur le piston du déclencheur manuel-pneumatique (H), provoquant l'ouverture d'un clapet, et permettant un plus grand écoulement de gaz pilote. Le clapet étant ouvert, la pression du port A de la bouteille est appliquée au piston du déclencheur pneumatique (J) sur la tête de la vanne de la bouteille. Cette pression abaisse le piston du déclencheur pneumatique de telle façon que sa sonde débloque le clapet (I), ce qui disperse rapidement la pression au-dessus du piston de la vanne de la bouteille. Le piston, soumis à une moindre pression sur sa partie supérieure, mais toujours soumis à la pression du gaz de la bouteille, se déplace vers le haut et provoque le vidage de la bouteille.[9]

Le vidage complet de la bouteille dépend d'un piston relevé, qui requiert le maintien d'une pression réduite au-dessus du piston. Le déclencheur manuel-pneumatique se verrouille en mode Actuation = déclenché dès son déclenchement (manuel ou automatique).[9]

La vanne de purge (M) assure que la légère fuite sur la soupape de la vanne solénoïde ne s'accumule pas dans le déclencheur pneumatique et ne provoque pas de déclenchement intempestif du système.[9]

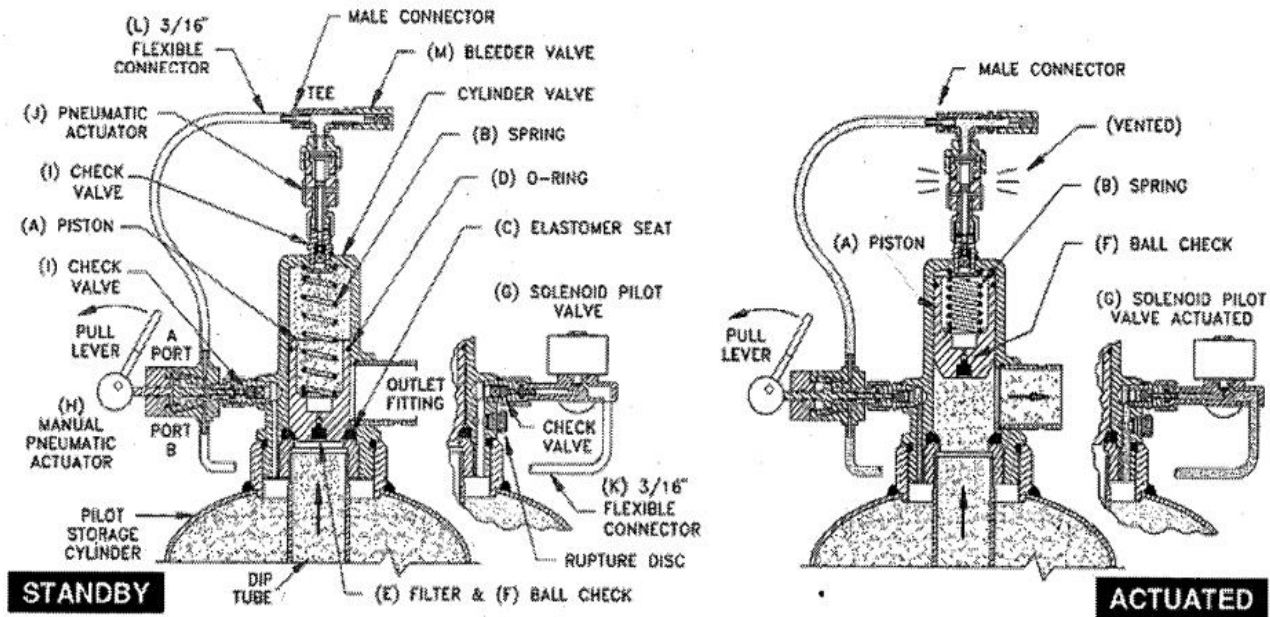


Figure II.8 : Vanne GAMMA et accessoires [13]

II.4.2.2. Utilisation des vannes de bouteilles de type Sigma

La vanne de bouteille Sigma est conçue pour maintenir la pression sous la soupape (C) (Figure III.0.1). La pression exercée par le ressort (B) et la pression forme un joint entre l'élastomère de la soupape (C) et l'anneau usiné dans la vanne de la bouteille. Un anneau en forme de O au fond de la vanne de bouteille assure un joint entre la vanne de bouteille et la sortie filetée de la bouteille.

La Figure III.0.2 illustre deux positions de la vanne : d'une part le mode veille (standby), pendant lequel la vanne attend d'être déclenchée, et le mode déclenchement automatique (actuated), pendant lequel la vanne a été déclenchée électriquement.[9]

➤ Mode veille

La pression pilote est appliquée de façon continue sur une soupape de la vanne solénoïde normalement fermée. La vanne solénoïde pilote est connectée à un clapet (G) via un raccord spécialement usiné. Une jauge de pression donne une indication de la pression dans la bouteille. En mode veille, la pression pilote est maintenue sous la soupape (C) et en amont de la soupape de la vanne solénoïde pilote (E).[13]

➤ Déclenchement automatique

La vanne solénoïde pilote reçoit un signal électrique de la centrale de détection incendie, ce qui provoque un écoulement du gaz de pression via un connecteur flexible 3/16 in (4.8 mm) vers le port **B** du déclencheur manuel-pneumatique (**F**). La pression pilote est appliquée au piston du déclencheur manuel-pneumatique (**F**), ce qui provoque l'ouverture d'un clapet anti-retour (**G**), et permettant un accroissement du débit du gaz pilote vers le haut de la tête de bouteille via un connecteur flexible 3/16 in (4.8 mm) (**I**).[13]

La pression pilote remplit alors la chambre, exerçant une pression sur le piston (**A**), et abaissant la soupape (**C**), permettant la circulation du fluide Novec 1230 autour de cette

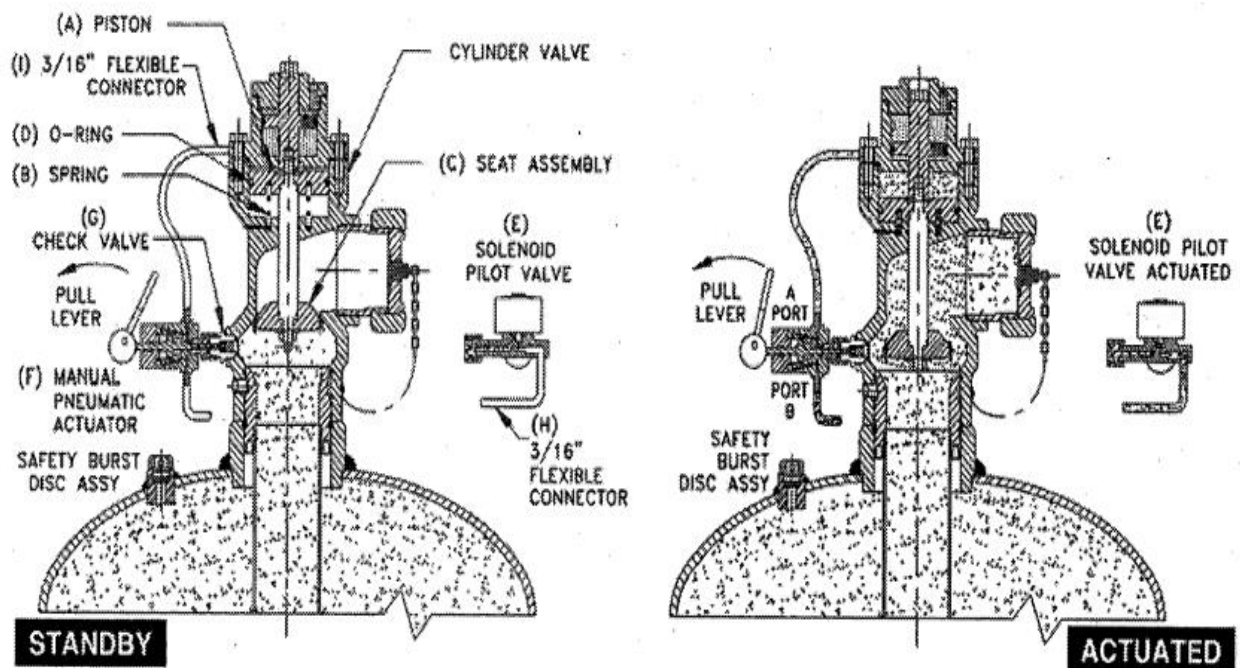


Figure II.9: Vanne SIGMA et accessoires [13]

soupape et vers la sortie de la vanne de bouteille. Le déclencheur manuel-pneumatique (F) maintient la vanne de la bouteille ouverte jusqu'à l'épuisement du gaz.[13]

II.4.3. Les buses (Nozzles)

Les buses sont des dispositifs fixés à l'extrémité des tuyauteries des système GAMMA et SIGMA, ils existent deux types 180° et 360°, ces buses permettent la décharge totale de produits en 10 secondes, et sa correcte diffusion dans la zone à protéger [13]

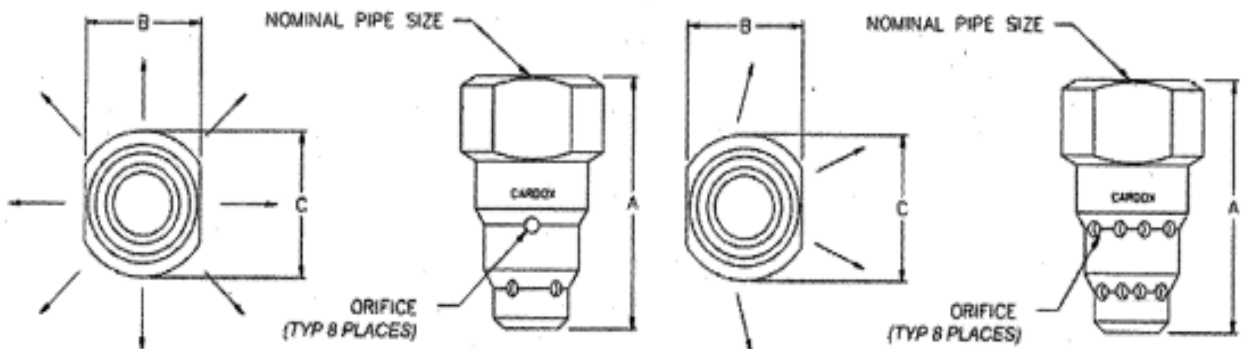


Figure II.10: Buses de pulvérisations [13]

II.4.4. La détection automatique

Les dispositifs de détection automatique utilisés pour le système NOVEC 1230 doivent être capables de détecter et d'indiquer la chaleur, la fumée, les flammes ou les vapeurs combustibles susceptibles de provoquer un incendie. Lors du choix des détecteurs, il convient de tenir compte des quatre stades d'un incendie : naissant, couvant, flamme et chaleur.

-Stade naissant : des produits de combustion visibles sont présents, sans fumée, flamme ni chaleur.

-Stade couvant : des produits de combustion et de la fumée sont visibles, mais sans flamme ni chaleur.

-Stade de flamme : un incendie est effectivement présent, mais sans chaleur notable, qui apparaîtra très rapidement.

-Stade de chaleur : il s'agit du stade final, caractérisé par une expansion rapide des gaz et une chaleur incontrôlable.

Le choix du type de détecteur doit tenir compte des vibrations, du temps de réponse et de la quantité de saleté ou de produits corrosifs présents dans l'environnement. Les détecteurs

à ionisation (fumée) réagissent mieux au début de l'incendie et perdent de leur efficacité pendant les phases de combustion lente, de flamme et de chaleur. Les détecteurs photoélectriques réagissent mieux au début de la combustion lente. Un détecteur thermique offre une réponse optimale pendant les phases ultérieures de flamme et de chaleur. Leur sélection se fait en fonction de la plage de température et de la zone à protéger.[13]

II.5. Avantages et inconvénients du NOVEC 1230

II.5.1. Avantages

Voici les principaux avantages qui justifient l'investissement dans cet agent extincteur :

- Suppression rapide : Le Novec 1230 peut se vaporiser et répartir uniformément son efficacité dans les 10 secondes suivant son déclenchement par le détecteur ou l'alarme incendie
- Aucun dommage aux équipements : Étant un agent propre, non conducteur et non corrosif, il est sans danger pour tous les appareils électroniques sensibles et les équipements de valeur de votre propriété
- Respectueux de l'environnement : le Novec 1230 a un faible potentiel de réchauffement climatique, un faible potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone et une faible durée de vie atmosphérique, causant un minimum de dommages à l'environnement par rapport à d'autres agents car il ne contient pas de dioxyde de carbone ou d'autres gaz nocifs.
- Sans danger pour tous les occupants du bâtiment pendant l'évacuation : l'installation de Novec 1230 est sans danger pour l'exposition humaine à sa concentration de CO, offrant un niveau de protection supplémentaire aux occupants du bâtiment
- Sans résidus après un incendie : en raison de la nature de ce liquide d'extinction d'incendie propre, il ne laisse aucun résidu ni eau, éliminant ainsi le besoin d'un nettoyage approfondi et évitant les dommages secondaires (ce qui signifie que votre entreprise peut être de nouveau opérationnelle rapidement).[14]

II.5.2. Inconvénients

Bien que les agents d'extinction d'incendie à agents propres soient parmi les plus populaires sur le marché actuel en raison de leur capacité à éteindre rapidement les incendies et de leurs avantages environnementaux, chaque système de protection incendie présente des

inconvenients. Voici quelques-uns des inconvenients auxquels vous devrez peut-être prêter attention si vous envisagez d'en installer un dans votre application :

- Accessibilité limitée : Souvent, ce suppresseur peut être difficile à trouver sur le marché en raison de la forte demande dans différentes régions
- Coûteux à installer : le Novec 1230 peut être coûteux car il s'agit d'une solution haut de gamme et de haute qualité (il existe des options plus rentables)
- Mauvaise utilisation potentielle : Novec 1230 ne convient pas à toutes les applications
- Installation complexe : Dans certains cas, les systèmes d'extinction d'incendie Novec 1230 peuvent être complexes et nécessiter des coûts supplémentaires
- Espace de stockage excessif : le Novec 1230 devant appliquer plus de liquide en cas d'incendie par rapport à d'autres systèmes, il peut souvent nécessiter beaucoup plus de bouteilles (ce qui peut être difficile pour les entreprises disposant de peu d'espace de stockage supplémentaire).[14]

II.6. Conclusion

Les systèmes d'extinction utilisant le fluide Novec 1230 jouent un rôle fondamental dans la protection des installations critiques contre les risques d'incendie. Leur efficacité, leur rapidité de déclenchement, ainsi que leur faible impact sur l'environnement et les équipements sensibles expliquent pourquoi ils sont de plus en plus adoptés, notamment dans des complexes industriels comme ceux de la SONATRACH. C'est pour cela que ce chapitre est important et essentiel : il permet de comprendre le fonctionnement de ces systèmes, d'identifier leurs composants, et de saisir les avantages techniques et environnementaux offerts par le Novec 1230.

Chapitre III :

Étude de cas dans une salle de commutation électrique

III.1. Introduction

Les salles de commutation électrique, qui abritent divers équipements électriques, sont particulièrement vulnérables aux incendies. Ces incendies peuvent être causés par une surcharge, des défauts d'isolation, voire des défauts matériels. Des mesures de prévention et de protection efficace sont essentielles pour prévenir ces incendies. Ce chapitre présente une étude de système d'auto-extinction NOVEC 1230 dans la salle de commutation électrique phase III de complexe GP1/Z, selon la norme NFPA 2001.

III.2. Méthodologie de Conception du Système d'Extinction NOVEC 1230

III.2.1. Description du Site à Protéger

La salle de commutation électrique phase III du complexe GP1/Z présente un risque d'incendie de classe C, impliquant des équipements sous tension.

Ces équipements sont

- 4 demi-jeux de barres 5.5 kV, 4 transformateurs 60/5.5 kV (30 MVA), 12 transformateurs immergés 5.5/0.38 kV

- Disjoncteurs VCB/ACB, protections, UPS 110V CA, chargeurs 110V CC

La température ambiante de référence est fixée à 21,1 °C, correspondant aux conditions opérationnelles standard pour ce type d'installation.



Figure III.1 : Salle de commutation électrique phase III

Cette salle constitue un élément essentiel dans la production elle assure la distribution de la phase III. Elle assure la distribution et la gestion de l'énergie électrique. Son rôle principal est de contrôler, protéger et distribuer l'énergie électrique à différents niveaux de tension.

III.2.2. Calcul du volume protégé

Les dimensions de la salle de commutation ont été relevées à partir des plans techniques fournis. Le volume brut est calculé comme suit :

- **Longueur** : 21 m
 - **Largeur** : 64,38 m
 - **Hauteur** : 5,3 m
 - **Volume d'encombrement non utile (zone technique)** : 259,7 m³
- Volume brut : $V_{\text{brut}} = 21 \times 64,38 \times 5,3 - 259,7 = 6\,905,794 \text{ m}^3$
 - Volume occupé par des éléments fixes (V_1) (les armoires électriques, les poteaux, les structures fixes) est **1 474,58 m³** (hypothèse : absence d'éléments imperméables).
 - Volume net protégé : $V_{\text{net}} = 6\,905,794 - 1\,474,58 = 5\,431,214 \text{ m}^3$

III.2.3. Détermination de la quantité de Novec 1230 requise

La quantité de du NOVEC 1230 nécessaire pour atteindre la concentration de conception (Classe C : 4.5%) doit être calculée à partir de l'équation suivante [NFPA 2001§7.3. 1] :

$$w = \frac{V_{\text{net}}}{S} \left(\frac{C}{100 - C} \right)$$

W : la quantité de l'agent propre requise (NOVEC 1230).

V_{net} : le volume à protéger de la salle de commutation électrique.

C : la concentration minimale de conception pour le danger de classe C (4,5%)

La concentration minimale de conception = la concentration minimale d'extinction × Facteur de sécurité (1.35)

La concentration minimale de conception = $3.3 \times 1.35 = 4,45$

S : le volume spécifique du NOVEC 1230

Ce tableau résume les volumes spécifique du NOVEC en fonction de la température, et la quantité nécessaire pour chaque volume :

Tableau III.1 : quantités de FK-5-1-12 nécessaires pour inonder totalement un volume (Total Flooding)

Temp (t) (°F) ^e	Specific Vapor Volume (s) (ft ³ /lb) ^d	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb/ft ³) ^b							
		Design Concentration (% by Volume) ^c							
		3	4	5	6	7	8	9	10
-20	0.93678	0.0330	0.0445	0.0562	0.0681	0.0803	0.0928	0.1056	0.1186
-10	0.96119	0.0322	0.0433	0.0548	0.0664	0.0783	0.0905	0.1029	0.1156
0	0.9856	0.0314	0.0423	0.0534	0.0648	0.0764	0.0882	0.1003	0.1127
10	1.01001	0.0306	0.0413	0.0521	0.0632	0.0745	0.0861	0.0979	0.1100
20	1.03442	0.0299	0.0403	0.0509	0.0617	0.0728	0.0841	0.0956	0.1074
30	1.05883	0.0292	0.0394	0.0497	0.0603	0.0711	0.0821	0.0934	0.1049
40	1.08324	0.0286	0.0385	0.0486	0.0589	0.0695	0.0803	0.0913	0.1026
50	1.10765	0.0279	0.0376	0.0475	0.0576	0.0680	0.0785	0.0893	0.1003
60	1.13206	0.0273	0.0368	0.0465	0.0564	0.0665	0.0768	0.0874	0.0981
70	1.15647	0.0267	0.0360	0.0455	0.0552	0.0651	0.0752	0.0855	0.0961
80	1.18088	0.0262	0.0353	0.0446	0.0541	0.0637	0.0736	0.0838	0.0941
90	1.20529	0.0257	0.0346	0.0437	0.0530	0.0624	0.0721	0.0821	0.0922
100	1.22970	0.0252	0.0339	0.0428	0.0519	0.0612	0.0707	0.0804	0.0904
110	1.25411	0.0247	0.0332	0.0420	0.0509	0.0600	0.0693	0.0789	0.0886
120	1.27852	0.0242	0.0326	0.0412	0.0499	0.0589	0.0680	0.0774	0.0869
130	1.30293	0.0237	0.0320	0.0404	0.0490	0.0578	0.0667	0.0759	0.0853
140	1.32734	0.0233	0.0314	0.0397	0.0481	0.0567	0.0655	0.0745	0.0837
150	1.35175	0.0229	0.0308	0.0389	0.0472	0.0557	0.0643	0.0732	0.0822
160	1.37616	0.0225	0.0303	0.0382	0.0464	0.0547	0.0632	0.0719	0.0807
170	1.40057	0.0221	0.0297	0.0376	0.0456	0.0537	0.0621	0.0706	0.0793
180	1.42498	0.0217	0.0292	0.0369	0.0448	0.0528	0.0610	0.0694	0.0780
190	1.44939	0.0213	0.0287	0.0363	0.0440	0.0519	0.0600	0.0682	0.0767
200	1.47380	0.0210	0.0283	0.0357	0.0433	0.0511	0.0590	0.0671	0.0754
210	1.49821	0.0206	0.0278	0.0351	0.0426	0.0502	0.0580	0.0660	0.0742
220	1.52262	0.0203	0.0274	0.0346	0.0419	0.0494	0.0571	0.0650	0.0730

D'après ce tableau le volume spécifique à 70°F (21°C) est 0,06242 m³/kg

$$\text{AN : } w = \frac{5\,431,21}{0,06242} \left(\frac{4,5}{95,3} \right) = 3994,67 \text{ Kg}$$

- La quantité de NOVEC 1230 requise pour la salle de commutation électrique phase III est 3994,67 kg

- **Remarque :** la quantité du NOVEC requise peut être aussi déterminé à partir du tableau III.2, comme indiqué en rouge. Dans le cas de la salle de commutation, la température ambiante est de 21 °C ; selon le tableau, le facteur est de 0,72884 kg/m³

(0,0455 lbs/ft³). Le volume est multiplié par ce facteur pour déterminer la quantité de fluide Novec 1230 nécessaire pour la concentration de 4,5 %. (5 % est utilisé pour le calcul).

$$5431,214 \text{ m}^3 \times 0,72884 \text{ kg/m}^3 = 3958,486 \text{ kg}$$

Les quantités déterminées sont un peu différentes. La méthode la plus précise c'est l'utilisation de la formule.

-La quantité d'agent extincteur à injecter doit être ajustée si le site d'installation se trouve à une altitude suffisamment élevée (ou basse) pour que la pression ambiante s'écarte de plus de 11 % de la pression standard au niveau de la mer.

Tableau III.2 : les facteurs de correction atmosphérique

Equivalent Altitude		Enclosure Pressure (Absolute)		Atmospheric Correction Factor
ft	km	psi	mm Hg	
-3,000	-0.92	16.25	840	1.11
-2,000	-0.61	15.71	812	1.07
-1,000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1,000	0.30	14.18	733	0.96
2,000	0.61	13.64	705	0.93
3,000	0.91	13.12	678	0.89
4,000	1.22	12.58	650	0.86
5,000	1.52	12.04	622	0.82
6,000	1.83	11.53	596	0.78
7,000	2.13	11.03	570	0.75
8,000	2.45	10.64	550	0.72
9,000	2.74	10.22	528	0.69
10,000	3.05	9.77	505	0.66

L'altitude de complexe GP1/Z est 0 m, d'après ce tableau le facteur de correction de 0 m est 1.

III.2.4. Calcul de la concentration réelle du Novec 1230

Cette concentration est calculé à partir de la quantité du novéc présente dans la salle de commutation. Calculée à la fois à la température de conception minimale et maximale pour savoir, si la concentration de conception est atteinte, et aussi pour assurer de ne pas dépasser la NOAEL, en utilisant de l'équation suivante [NFPA 2001 §7.3.1.1] :

$$C = 100 \frac{\left(\frac{W \times S}{V}\right)}{\left(\frac{W \times S}{V}\right) + 1}$$

C = concentration de l'agent [en % volume]

W = quantité d'agent installée [en kg (lb)] qui est 3841,927374 kg

s = volume spécifique de l'agent gazeux à la température minimale ou maximale de conception du local protégé [en m³/kg (ft³/lb)]

V = volume de l'enceinte construite [en m³ (ft³)]

Conditions Normaux :

- **Température minimale** (21,1 °C), **volume spécifique** (S=0,06242 m³/kg)

AN :

$$C = 100 \frac{\left(\frac{3841,927 \times 0,06242}{5690,90}\right)}{\left(\frac{3841,924 \times 0,06242}{5690,91}\right) + 1} = 4.04 \%$$

Conditions extrêmes :

- **Température maximale** (30 °C) : **volume spécifique** (S=0.07462 m³/kg)

AN :

$$C = 100 \frac{\left(\frac{3841,92 \times 0,07462}{5690,90}\right)}{\left(\frac{3841,92 \times 0,07462}{5690,91}\right) + 1} = 4.80 \%$$

III.2.5. Implantation des conteneurs

Les conteneurs doivent être montés sur des ossatures murales ou des colonnes capables de supporter rigidement le rail de montage par boulonnage ou soudage. Toutes les bouteilles doivent être placées ensemble, au même endroit et à la même température. Le conteneur doit être placé dans un endroit accessible pour inspection et retrait facile. Le lieu de stockage doit également offrir une certaine sécurité contre les actes de vandalisme et les intempéries susceptibles d'endommager les conteneurs et de blesser le personnel. L'emplacement privilégié est hors de l'espace protégé. Cependant, s'ils ne sont pas

exposés au feu ou à une chaleur excessive susceptible de compromettre le fonctionnement du système, l'emplacement des conteneurs à l'intérieur de l'espace protégé est une alternative acceptable.

III.2.6. Choix et implantation des buses de diffusion (nozzles)

Les buses installées dans la salle de commutation électrique sont conçues pour une couverture à 180° et 360°. La couverture maximale d'une buse est de 115,9 m²

- La buse 360° ne peut pas être montée dans un angle ni contre un mur. Le rayon de projection maximal de la buse est de 7,6 m. Une seule buse peut être utilisée pour inonder une zone rectangulaire, le côté le plus long ne devant pas dépasser 10,8 m. Ces buses doivent être centrées dans la zone de protection lorsque plusieurs buses sont utilisées sur le même danger. Les buses doivent être orientées de manière à ce qu'une paire d'orifices soit parallèle à la paroi de l'enceinte.
- La portée maximale de la buse 180° est de 10,7 m. La distance maximale entre les buses 180° est de 10,8 m. La distance de couverture maximale entre la buse et un mur est de 5,4 m. La buse à 180° doit être installée à 15,2 cm maximum du mur de l'enceinte et à 35,6 cm maximum du plafond.

III.2.7. Choix et implantation des détecteurs d'incendie

Le système d'extinction Novec 1230 est conçu pour une détection rapide et fiable d'un départ de feu dans la salle de commutation électrique. L'efficacité de ce système repose sur le nombre et le bon positionnement des détecteurs de fumée (O) et multicritères (M), conformément aux recommandations de la norme NFPA 2001.

- Les détecteurs doivent assurer une détection rapide et fiable permettant l'activation automatique du système.
- Il est conseillé de placer les détecteurs au-dessus des armoires électriques ou des sources potentielles de chaleur ou d'incendie.

III.3. Comparaison du système d'extinction automatique au NOVEC 1230 de la salle de commutation électrique phase III avec les exigences de NFPA 2001(version 2022)

III.3.1. Performances d'extinction

Le tableau suivant présente une comparaison des performances d'extinctions entre le système NOVEC 1230 installé dans la salle de commutation électrique et les exigences de de la norme NFPA 2001

Tableau III.3 conformité du système novec 1230 de la salle de commutation avec les exigences de la NFPA 2001.

Paramètre	Valeur Novec 1230	Exigence NFPA 2001	Conformité
Quantité du novec	Quantité présente = 3841,92 kg	Quantité requise \geq 3994,67 kg	Non
Concentration minimale	4.02 % vol	$\geq 4.5\%$	Non
Concentration dans des conditions extrêmes	4.80 % vol	\leq NOAEL (NOAEL=10%)	Oui
Temps de décharge	10 s	≤ 10 s	Oui
Temps de maintien	10 min	10 min	Oui

III.3.2. Sécurité des personnes

Pour la sécurité des personnes La NFPA 2001 exige que la concentration de NOVEC 1230 au sein de l'enceinte protégée soit strictement inférieure à LOAEL (plus faible dose avec effet indésirable observé). Et cela est assuré grâce à

- La concentration de conception calculée auparavant dans les conditions normales ainsi que dans la condition extrême est inférieure au LOAEL, donc le NOVEC ne

présente aucun danger même s'il y aura exposition de personnes directes à l'agent.

[NFPA 2001, chapitre 4.3.2.3]

- Présence des détecteurs de deux types différents dans la salle de commutation électrique (de fumée et multicritiques) qui détectent très rapidement le début de feu, ce qui va assurer la sécurité des personnes. [NFPA 2001, §9.2.1] (Le plan est disponible dans l'annexe 3.)
- Des alarmes sonore et visuelle disponibles dans le système installé, ce qui permet d'alerter le personnel en cas d'incendie. [NFPA 2001, §6.1.2.5 (26)]
- Le système NOVEC de la salle de commutation électrique a un délai de temporisation de 30 s entre la détection et la décharge de l'agent, ce qui permet d'évacuer le personnel. [NFPA 2001, §9.7.1]
- Si le système se déclenche, toutes les ouvertures de la salle de commutation seront fermées et le système de ventilation s'arrête pendant 10 min, pour assurer une extinction efficace. [NFPA 2001, §7.4.1]
- En plus de la détection automatique, le système est équipé d'un dispositif de déclenchement manuel. Pour permettre à une personne présente sur place de déclencher immédiatement le système, même si les détecteurs automatiques n'ont pas encore réagi [NFPA 2001, §3.3.26.]

III.3.3.Exigences des conteneurs

Les bouteilles du système Novec de la salle de commutation électrique respectent les exigences de sécurité et de performance selon NFPA 2001 grâce à :

- Les réservoirs de NOVEC installés dans la salle de commutation sont pressurisés à 25 bars (360 psi) à 21 °C. ce qui est conforme à la pression de service définie dans la norme. [NFPA 2001, annexe C.8.1].
- Les bouteilles disponibles sont certifiées par un organisme tiers FM (Factory Mutual). Cette certification démontre qu'elles ont été testées et approuvées selon des critères rigoureux de performance, de sécurité et de fiabilité, et elle est exigée par la norme NFPA 2001. [NFPA 2001, §5.1.4.3].
- Les bouteilles sont en acier et fabriquées selon les réglementations du DOT (Department of Transport) et compatibles avec l'agent. [NFPA 2001, §11.6.1].

- Un dispositif pour protéger les bouteilles et pour éviter leur éclatement en cas de surpression accidentelle (un disque de sécurité) qui éclate entre 5,86 et 6,90 MPa. [NFPA 2001, §5.2.1.6]
- Des jauges de pression et un indicateur de niveau de la charge sont disponibles sur les bouteilles, afin de vérifier rapidement la pression et le niveau de la charge. [NFPA 2001, §4.3.1.3]
- Les bouteilles du NOVEC installées dans la salle de commutation électrique sont bien fixées avec un dispositif de fixation efficace (voir la figure III. 2), qui garantit leur stabilité et évite toute vibration susceptible de compromettre leur bon fonctionnement.. [NFPA 2001, § 5.2.3]

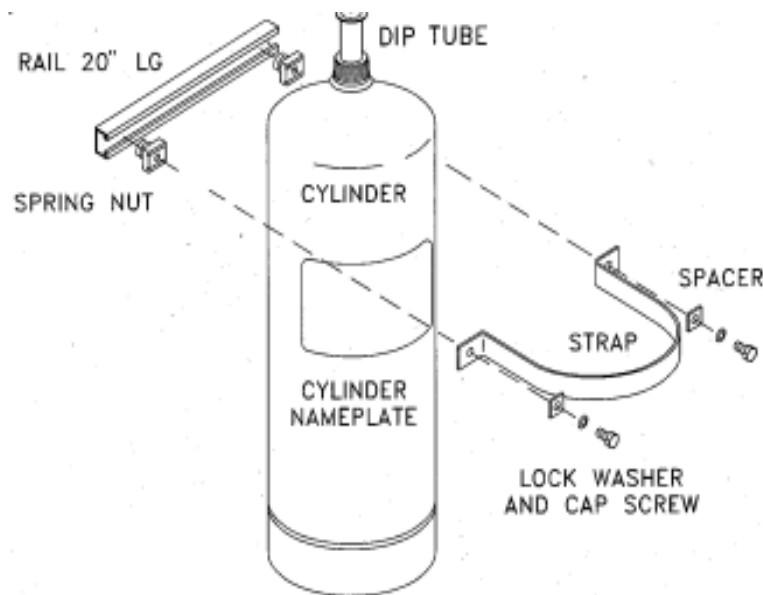


Figure III.3 : dispositif de fixation des bouteilles de NOVEC 1230 des système GAMMA ET SIGMA

- Toutes les bouteilles du système NOVEC disponibles dans la salle de commutation électrique sont étiquetées. Cet étiquetage permet d'identifier le produit, la capacité de la bouteille, la pression de service, le numéro de série, la date de remplissage, ainsi Un schéma explicatif de la configuration des composants (voir l'annexe 4) [NFPA 2001, §4.3.1.7]
- Un test hydrostatique de système NOVEC 1230 est réalisé tous les 5 ans, pour vérifier l'intégrité mécanique et la résistance à la pression des bouteilles sous pression, ainsi que tous les autres composants de système. Et vérification des dispositifs d'instrumentation de système tous les 6 mois. [NFPA 2001, §4.3.3.1]

III.3.4. Exigences des buses de diffusion (nozzles) et des tuyaux

- **Les buses**

Les buses de système novec respecte les critères de diffusion et de sécurité selon **NFPA 2001**.

- Le système NOVEC 1230 de la salle de commutation électrique est équipé de deux types de buses:

- Buses à diffusion directionnelle 180° (21 buses situées contre les murs)
- Buses à 360° pour couverture centrale (12 buses situées au centre de la salle) (voir l'annexe 2)

-Chaque buse (nozzle) peut couvrir au maximum une surface de 115,9 m², ce qui permet d'assurer la couverture complète du volume de la salle. [NFPA 2001, §13.10]

- Le débit des buses est respecté (calculs effectués par un programme certifié FM, conforme à la norme NFPA 2001). [NFPA 2001, §3.3.14]

-Temps de décharge est respectée ≤ 10 s [NFPA 2001, §3.3.14]

- Il n'y a pas d'objet ou élément (mobilier, câble, poutre, cloison, etc.) qui bloque ou gêne le jet de l'agent extincteur à la sortie de la buse, ce qui garantit l'efficacité de diffusion [NFPA 2001, §5.2.5.5].

- Les buses utilisées dans le système ont été testées et approuvées pour fonctionner avec l'agent NOVEC 1230. [NFPA 2001, § 7.6.1]

- La hauteur et l'orientation des buses du système sont conformes à la norme (voir le plan dans l'annexe 2). [NFPA 2001, § 5.2.5.1]

• La pression des buses dans la salle de commutation dépasse 690 kPa (100 Psi), à l'exception d'une seule buse dont la pression calculée atteint 682 kPa, selon les résultats de la dernière simulation hydraulique. (Cette pression est spécifiée par le concepteur du système pour garantir une efficacité optimale de décharge.)

- Entretien régulier et vérification visuelle de non-obstruction

Vérification visuelle du système effectuée au moins chaque mois. [NFPA 2001, § 11.2.1]

- **Les tuyaux**

Le réseau de tuyauterie respecte les critères de débit, de résistance et de distribution selon **NFPA 2001** grâce à

- Les tuyaux de système sont galvanisés à chaud après assemblage conformément à la norme NF EN ISO 1461. Ce qui garantit la protection contre la corrosion [NFPA 2001, §5.2.1.1]

La galvanisation remplace toute peinture nécessaire à la protection contre la corrosion.

- Les tuyaux sont à base d'acier galvanisé (SCH. 40), ce qui offre une résistance mécanique et la compatibilité chimique avec l'agent. [NFPA 2001, § 5.2.1.1]
- Utilisation de coudes à rayon long et raccords soudés conformes répondant aux spécifications de l'American National Standards Institute (ANSI), ce qui réduit les pertes de charges. [NFPA 2001, §5.2.2.1]

- Les tuyaux du système sont bien fixés avec des supports pour éviter les vibrations et mouvements lors de la décharge. [NFPA 2001, §10.4.4]

- Essai hydrostatique est réalisé pour toutes les tuyauteries sous pression. Cet essai est effectué sous la supervision du Responsable Assurance Qualité, pour vérifier qu'il n'y a aucune fuite dans le système et que tous les raccords sont bien serrés pour garantir son bon fonctionnement.

L'essai est réalisé avec de l'eau douce ; la température de l'eau est comprise entre 4 °C et 24 °C.

Pression d'essai : 3,8 MPa. [NFPA 2001, Annexe A]

III.3.5. Exigences des détecteurs

La norme NFPA 2001 exige que le système de détection et d'alarme d'incendie associé soit conforme aux exigences opérationnelles et techniques de la norme NFPA 72 « code national d'alarme et de signalisation incendie ».

- Les détecteurs automatiques de fumée ou de chaleur sont approuvés par FM Global, garantissant ainsi la compatibilité et la fiabilité avec le système d'extinction. [NFPA 2001, §10.6.11 et NFPA 72]

- Dans la salle de commutation électrique, il ya deux type des détecteurs :

- **Optiques analogiques** (fumée lente, feu couvant)

- **Multicritères** (combinant plusieurs phénomènes physiques)

Ces deux types sont adaptés parfaitement au risque présent dans la salle de commutation. [NFPA 2001, §9.2.1]

- Temps de réponse est respecté ≤ 30 secondes après seuil de détection atteint [NFPA 2001, §4.3.4.1]

- Pour déclencher le système NOVEC de la salle de commutation, il faut au moins l'activation de deux détecteurs.. [NFPA 72 §23.8.5.4.3]

- Les détecteurs sont :

- Éloignés des bouches de soufflage

- La densité est adaptée à la surface et au risque

- Ils sont repartis d'une façon uniforme et efficace, assurant une couverture complète.

[NFPA 72, Chapitre 17]

Le positionnement des détecteurs est donc conforme aux règles d'implantation. [NFPA 72 §23.8.5.4.5]

- Les détecteurs sont interconnectés avec le panneau de commande, ce qui permet de transmettre les signaux en cas de détection d'incendie. [NFPA 2001 §9.1.2]

- Maintenance périodique des détecteurs est effectué tous les 6 mois / 1 an selon type de détecteur : vérification fonctionnelle et nettoyage selon les recommandations du fabricant [NFPA 72, §14.4.5]

III.3.6. Le système de ventilation

- Lors du déclenchement du système NOVEC 1230, le système de ventilation de la salle de commutation électrique s'arrête automatiquement afin de maintenir la concentration du NOVEC 1230 pendant 10 minutes [NFPA 2001 §7.1.7]

- Un test d'étanchéité de la salle de commutation électrique est effectué afin d'assurer que la salle est bien fermée et que le gaz ne puisse pas s'échapper. [NFPA 2001 §D.2.6.2.3]

III.4. Interprétation des résultats

Le calcul effectué selon la norme NFPA 2001, indique que la quantité du NOVEC 1230 requise pour couvrir tout le volume de la salle de commutation électrique phase III est 3 994,67 kg, tandis que la quantité réelle installé est 3 841,93 kg. Cet écart d'environ 152,74 kg ne permet pas d'atteindre la concentration de conception minimale qui est 4.5

%. Par conséquent, cela pourrait compromettre l'efficacité de l'extinction en cas d'incendie.

En revanche, l'examen des autres composants du système a permis de constater que les exigences générales d'installation sont respectées. En particulier :

- Les buses de diffusion répondent aux exigences de type, de redondance et de positionnement ;
- Les détecteurs automatiques répondent aux exigences de type, de redondance et de temps de réponse ;
- Les conteneurs sont correctement installés, identifiés et homologués ;
- Le réseau de tuyauterie est conforme aux exigences de calcul hydraulique, de supportage et de résistance mécanique de la norme.

Ainsi, même si les composants et équipements du système répondent généralement aux exigences de la norme NFPA 2001, une modification de la quantité de Novec 1230 est nécessaire pour garantir la conformité globale du système, notamment en ce qui concerne les exigences de concentration de conception.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a permis d'étudier la conformité d'un système d'auto-extinction NOVEC 1230 à la norme NFPA 2001. Le système étudié est installé dans la salle de commutation électrique phase III au sein du complexe GP1/Z. Cette salle est indispensable pour le fonctionnement continu des installations de traitement de gaz.

Nous avons commencé l'étude par une présentation de la salle de commutation, en déterminant son volume et en identifiant les classes de feu susceptibles de s'y développer, ainsi que l'évaluation des besoins du système NOVEC 1230 en termes de quantité. Ensuite, une comparaison entre les performances du système installé et les exigences de la norme NFPA 2001 a été réalisée.

L'analyse des résultats révèle une conformité concernant les exigences générales, notamment les exigences des buses de défusion, des cylindres, canalisations et des détecteurs.

Cependant, lors de calculs de la quantité requise à l'aide de l'équation indiquée dans la norme, il s'est avéré que la quantité réelle disponible n'est pas suffisante, il manque environ 152,74 kg, et cela ne permet pas d'atteindre la concentration minimale de conception qui est 4.5%, ce qui pourrait entraver l'efficacité de l'extinction.

La cause de cette non-conformité est due à l'utilisation d'une version très ancienne de la norme NFPA 2001 lors de la conception de système. La concentration minimale de conception pour les classe C était la même pour les classes A (4.2%), et depuis la version de 2012. Les concentrations minimales de conception pour les classe C ont été modifié, elles doivent être déterminé en multipliant la concentration minimale d'extinction par un facteur de sécurité qui est 1.35, alors qu'avant il était 1.2. La concentration minimale de conception de NOVEC 1230 est donc devenue 4,5%.

Outre la vérification de la conformité de ce système, l'étude réalisée a également permis de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'extinction à agent propres, leur principe de fonctionnement, leurs exigences réglementaires et les conditions nécessaires pour assurer leur efficacité et leur sécurité.

Recommandation :

Sur la base des résultats obtenus, les actions suivantes sont recommandées pour améliorer les performances et la compatibilité du système :

- La révision de la quantité d'agent NOVEC 1230 présente dans les locaux protégés est nécessaire, accompagnée, si besoin, de corrections en se basant sur les versions les plus récentes de la norme NFPA 2001.
- Procéder à une vérification régulière du système d'extinction afin de s'assurer de sa conformité continue avec les exigences des nouvelles éditions de la norme NFPA 2001.
- Mettre en œuvre un programme régulier de formation à la maintenance préventive et corrective destiné au personnel technique afin de garantir une bonne compréhension des procédures, une réaction rapide en cas de panne et le respect continu des exigences de sécurité.
- Former les employés sur les propriétés et le fonctionnement du fluide Novec 1230, en se concentrant sur ses propriétés physiques et chimiques, ses avantages, ses conditions optimales d'utilisation et les mesures de sécurité à respecter en cas de fuite, d'activation du système ou lors d'opérations de maintenance.

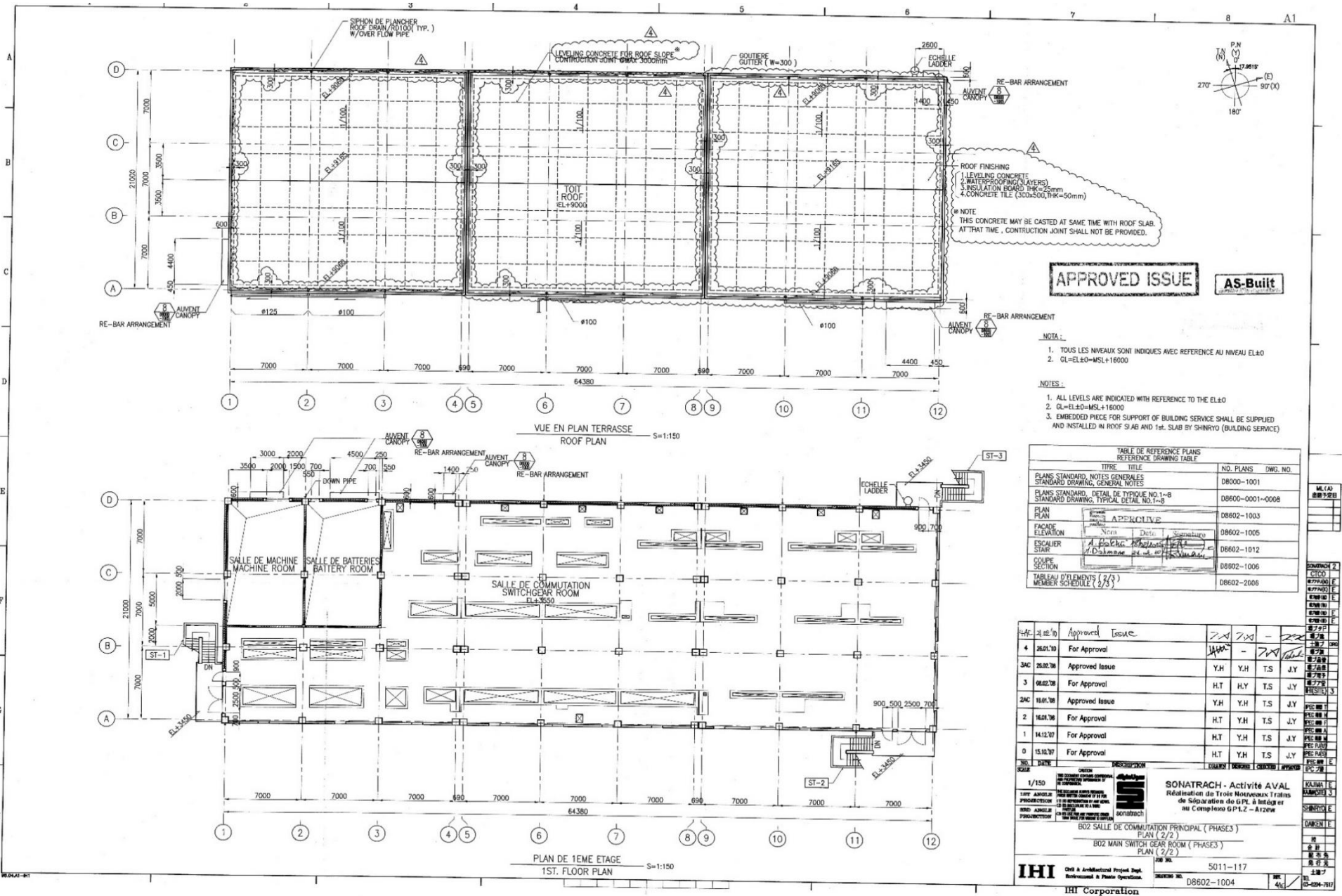
Références bibliographiques

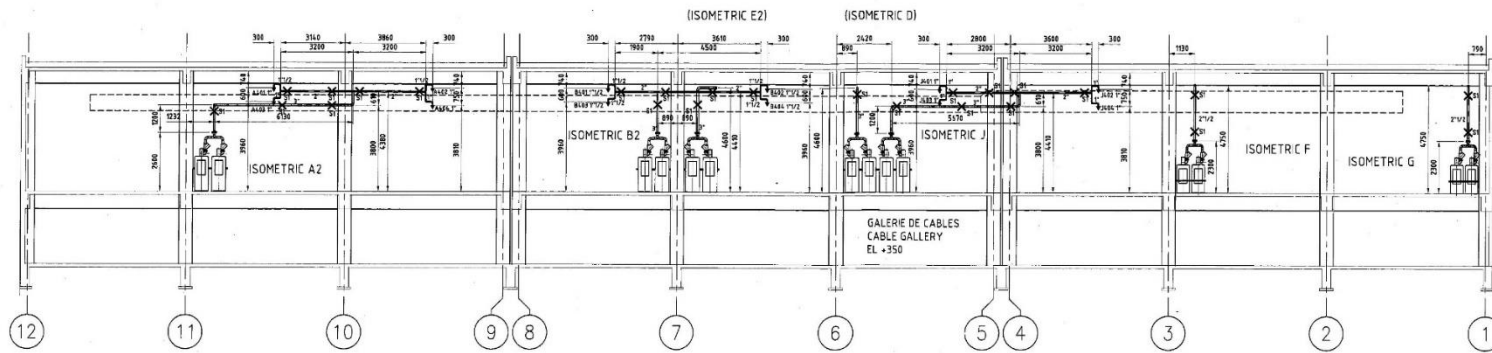
- [1] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *About NFPA: NFPA,*]. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/about-nfpa>[Consulté le 19 mars 2025].
- [2] National Fire Protection Association (NFPA). *NFPA Fire & Life Safety Ecosystem™*. Disponible sur : <https://www.nfpa.org/about-nfpa/nfpa-fire-and-life-safety-ecosystem> (consulté le 29 mai 2025)
- [3] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *History of NFPA* [en ligne]. [s.l.] : NFPA, 6 novembre 2024. Disponible à l'adresse : <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/Blogs/2024/11/06/history-of-nfpa>[Consulté le 25 avril 2025].
- [4] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *All about fire* [en ligne]. [s.l.] : NFPA, [s.d.]. Disponible à : <https://www.nfpa.org/about-nfpa/press-room/reporters-guide-to-fire/all-about-fire> [Consulté le 25 avril 2025].
- [5] National Fire Protection Association, *Basics of the Standards Development Process*, vidéo NFPA, [en ligne], disponible sur : <https://www.nfpa.org/videos/basics-of-the-standards-development-process> (consulté le 06/05/2025).
- [6] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *NFPA 2001 : Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems – 2022*, 1 janvier 2022, Quincy, MA : NFPA,
- [7] Why Adhering To NFPA Standards Is Essential For Fire Safety. (s.d.). *Kord Fire Protection*. Consulté le 10 juin 2025, de <https://kordfire.com/why-adhering-to-nfpa-standards-is-essential-for-fire-safety/>
- [8] SECURIPRO. *Les 3 avantages de l'extinction automatique* [en ligne]. [s.l.] : Securipro, [sans date]. Disponible à l'adresse : <https://www.securipro.eu/blog/incendie/extinction-automatique/les-3-avantages-de-extinction-automatique/> Consulté le 16/03/2025
- [9] <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2022/05/06/clean-agent-system-basics> Consulté le 19/03/2025

- [10] Yuan, S., Chang, C., Yan, S., Zhou, P., Qian, X., Yuan, M., & Liu, K. (2021). *A review of fire-extinguishing agent on suppressing lithium-ion batteries fire*. *Journal of Energy Chemistry*, 62, 262–280. doi:10.1016/j.jechem.2021.03.031
- [11] <https://fr.wikipedia.org/> consulté le 11/05/2025
- [12] les données publiées par 3M sur leur site officiels <https://www.3m.com> Consulté le 22/03/2025
- [13] Documents technique du système novex 1230 dans le complexe GP1/Z
- [14] Why Adhering To NFPA Standards Is Essential For Fire Safety. (s.d.). *Kord Fire Protection*. Consulté le 10 juin 2025, de <https://kordfire.com/why-adhering-to-nfpa-standards-is-essential-for-fire-safety/>
- [15] Robin, M. L. (2008). *DuPont Fire Extinguishants: The Role of Hydrofluorocarbons in Global Fire Protection*. DuPont Fluoroproducts.
- [16] DiNunno, P. J., & Forssell, E. W. (2016). *Clean Agent Total Flooding Fire Extinguishing Systems*. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 1483–1530. doi:10.1007/978-1-4939-2565-0_44
- [17] Installation fixe d’extinction (Jean-Pierre bonneville)
- [18] **Carter, S.** (2012). *NFPA Clean Agent Concentration Level Changes: What You Need to Know!* ORR Protection. Consulté le [14 juin 2025], à l’adresse : <https://www.orrprotection.com/mcfp/nfpa-clean-agent-concentration-level-changes-what-you-need-to-know>

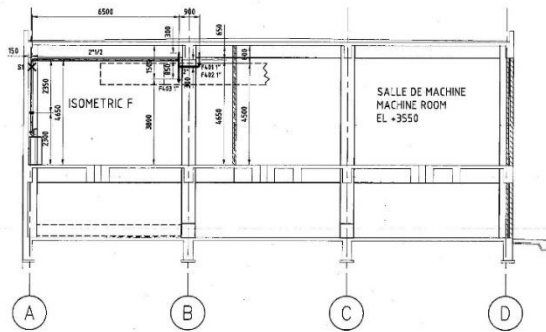
ANNEXES

Annexe 1 : Plan de salle de commutation électrique phase III

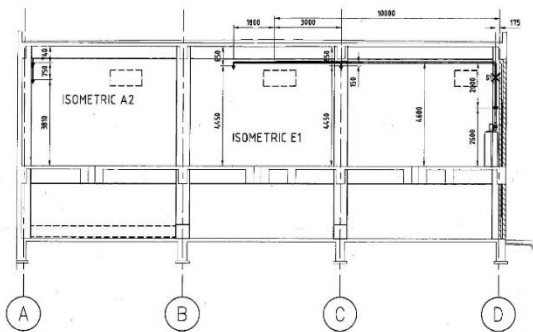




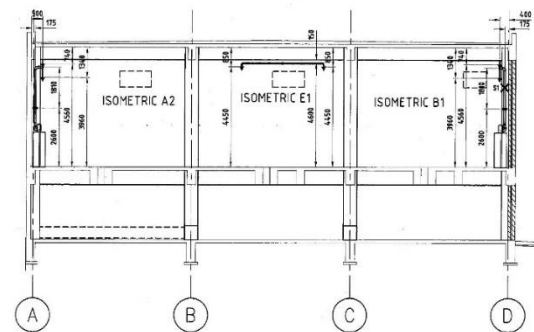
SECTION
COUPE



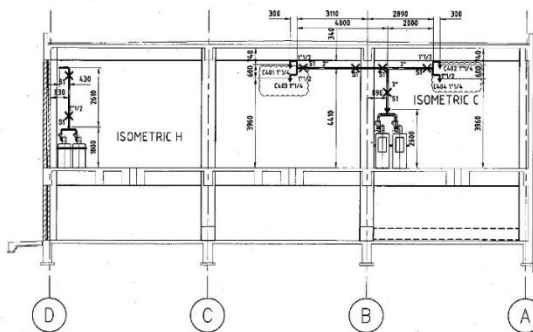
COUPE
SECTION



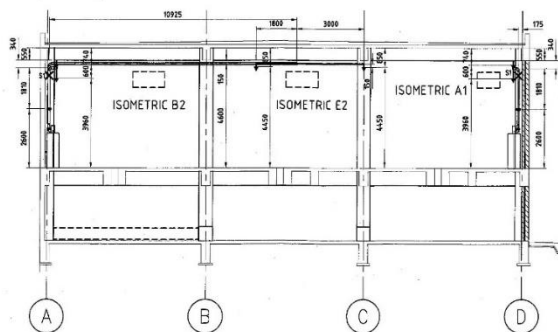
COUPE
SECTION



COUPE
SECTION



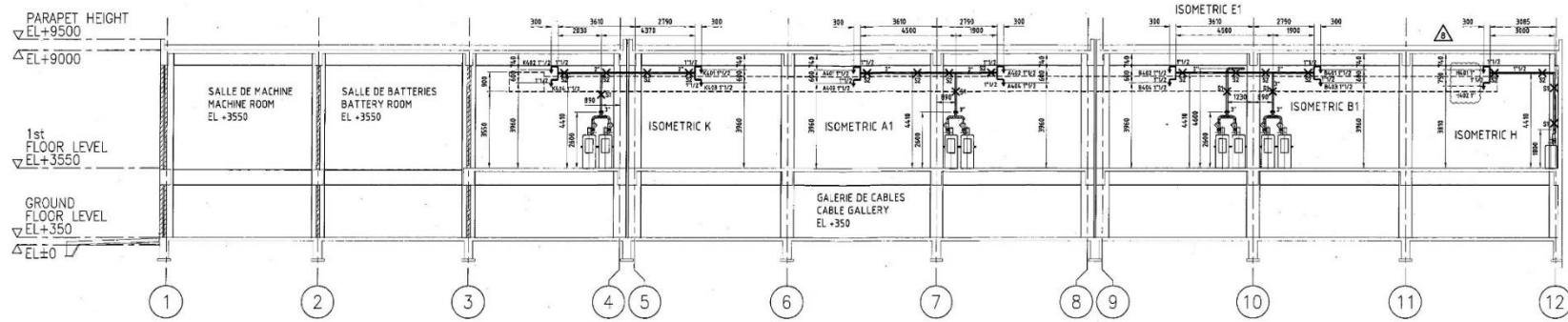
COUPE
SECTION



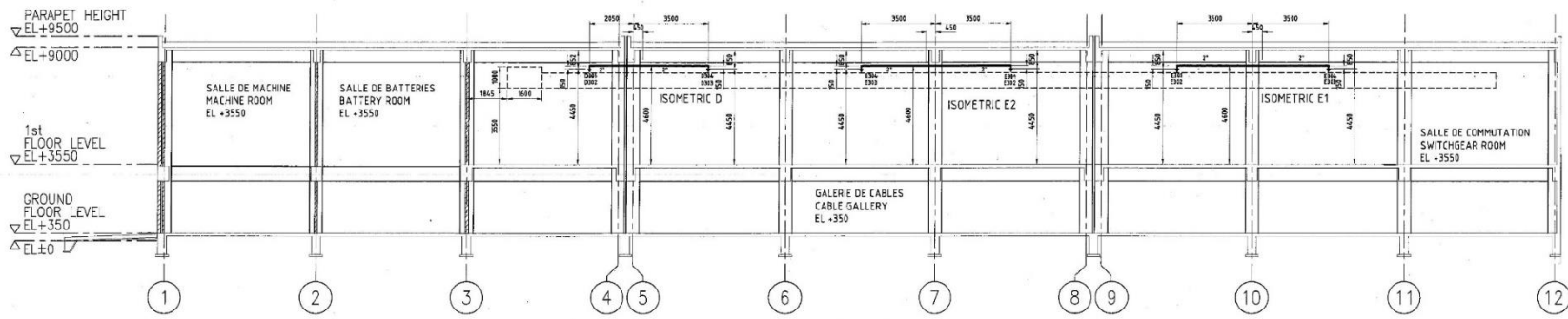
COUPE
SECTION

10	17/05/16	AS B&T	JPK
9	19/12/08	UPDATED	SMS
8	18/12/08	UPDATED	SMS
7	24/11/08	UPDATED	JPK
6	14/11/08	UPDATED	JPK
5	24/09/08	UPDATED	JPK
4	20/08/08	FOLLOWING RFI COMMENTS	JPK
3	19/07/08	FOLLOWING RFI COMMENTS	JPK
2	03/02/08	MOVING MOVIE CYLINDERS	JPK
1	16/06/08	UPDATED	JPK
0	25/05/08	First Issue	GRR
Index		Date	Designation
		A.I. GROUP	Echelle: / Dessiné par: GRR
		37, av. Augustin Dumont 92286 MALLAKOFF - FRANCE Tel.: 33 1 42 53 91 52	Date: 26/05/16 Vérifié par: GRR
			N° com: GRR11
CLEAN AGENT SYSTEM SWITCHGEAR ROOM OF MAIN SWITCHGEAR ROOM!			N° PLAN: 9905 - 501 3/3
SYSTEM LA YOUT			

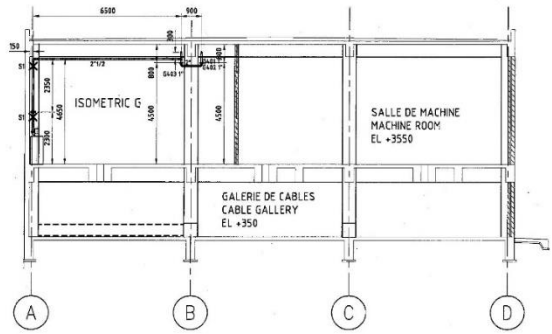
Ce plan est notre propriété, il ne peut être reproduit ou communiqué à des tiers sans notre autorisation



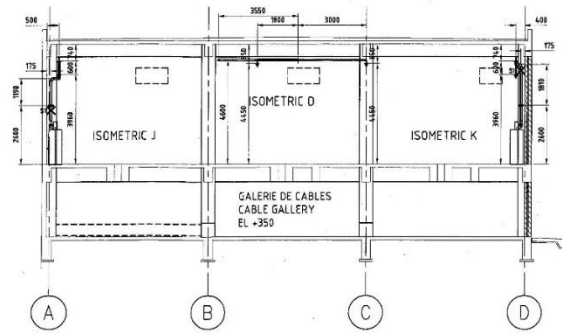
COUPE SECTION A-A



COUPE SECTION B-B



COUPE SECTION F-F



COUPE SECTION G-G

Index	Date	Description	Elabité par /	Destiné par /
10	17/05/10	AS BUILT		NKP
9	10/12/08	UPDATED		SPB
8	10/12/08	UPDATED		SPB
7	24/11/08	UPDATED		JPK
6	4/12/08	UPDATED		JPK
5	24/09/08	UPDATED		JPK
4	20/08/08	FOLLOWING HI COMMENTS		JPK
3	18/07/08	FOLLOWING HI COMMENTS		JPK
2	03/07/08	MOVING NOVEC CYLINDERS		JPK
1	16/06/08	UPDATED		JPK
0	26/05/08	First issue		GRB

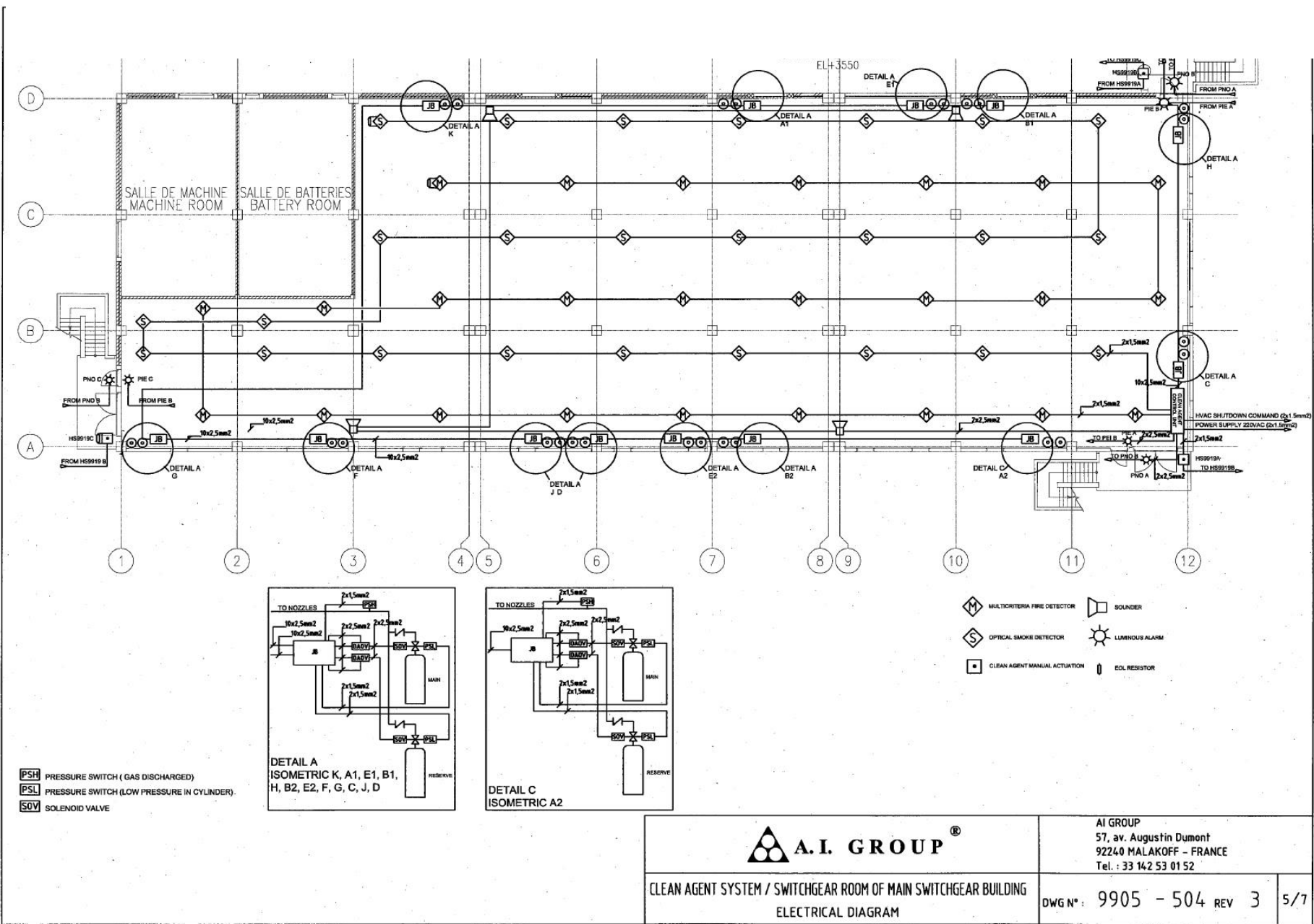
AL GROUP	57, av. Augustin Dumont 92240 PALAISEAU - FRANCE Tel. : 33 1 42 53 15 15	Emetteur / Date : 26/05/08 N° cad : GR011	Destiné par / Vérifié par / GRB
----------	--	---	---------------------------------------

CLEAN AGENT™ SYSTEM (SWITCHGEAR ROOM OF MAIN SWITCHGEAR ROOM)
SYSTEM LAYOUT

N° PLAN : 9505 - 501 2/3

Le plan est notre propriété, il ne peut être reproduit ou communiqué à des tiers sans notre autorisation.

Annexe 3 : Plan de répartition des détecteurs dans la salle de commutation électrique, et les d'alarmes sonore et visuelle



This drawing is our property, it can not be diffused without our authorization

Annexe 4 : Exemple d'étiquetage des bouteilles NOVEC 1230

GAMMA CYLINDER



CAUTION THIS CYLINDER MUST BE MOUNTED AND TRANSPORTED VERTICALLY. IMPROPER INSTALLATION RESULT IN SYSTEM MALFUNCTION. BEFORE HANDLING CHEMETRON FIRE SYSTEMS PRODUCTS ALL PERSONNEL MUST BE THOROUGHLY TRAINED IN THE SAFE HANDLING OF THE CYLINDERS, AS WELL AS IN THE PROPER PROCEDURES FOR INSTALLATION, REMOVAL, FILLING, AND CONNECTION OF OTHER CRITICAL DEVICES, SUCH AS FLEXIBLE CONNECTORS, SOLENOIDS, ACTUATORS, AND ANTI-RECOIL DEVICES.

SOLENOID ASSY., MANUAL PNEUMATIC ACT., AND PNEUMATIC ACT. MUST BE REMOVED AND ANTI-RECOIL CAP/PLUG MUST BE INSTALLED ON VALVE AT ALL TIMES EXCEPT WHEN CONNECTED TO SYSTEM PIPING. THE FOLLOWING SAFETY PROCEDURES MUST BE FOLLOWED, IN EXACT SEQUENCE SHOWN BEFORE HANDLING, SERVICING OR TRANSPORTING PRESSURIZED CYLINDERS TO PREVENT SERIOUS INJURY, DEATH AND/OR PROPERTY

CYLINDER ASSY P/N **10481829**

CHARGED WITH **360** LBS. OF 3M NOVEC 1230 FIRE PROTECTION FLUID

EMPTY WEIGHT **34.7** LBS. INCLUDING INSTALLED ANTI-RECOIL DEVICE

FULL WEIGHT **707** LBS. NOVEC 1230 FLUID & NITROGEN PRESSURIZED TO 360 PSI (2482 kPa) AT 70°F (21°C)

FILL STATION



WARNING HIGH-PRESSURE CYLINDER, CAPABLE OF VIOLENT DISCHARGE, EXTREMELY HAZARDOUS, CAN CAUSE SEVERE INJURY OR DEATH.

- PERIODICALLY CHECK GAUGES FOR PRESSURE. WEIGH CYLINDER AT LEAST EVERY SIX (6) MONTHS. SEE SERVICE MANUAL FOR DETAILED INSTRUCTIONS.
- STORAGE TEMPERATURE: 0°F (-18°C) TO 130°F (54°C). CYLINDER FACTORY TEST PRESSURE: 1000 PSIG (6894 kPa).
- ADDITIONAL INFORMATION: 360 PSIG (2482 kPa) SYSTEMS WITH NOVEC 1230 FLUID, HMS NOVEC 230 FLUID = 001X, HMS (NITROGEN) = 000.
- CONTENTS: 1,1,1,2,2,4,5,5,5-NOFLUORO-4-(TRIFLUOROMETHYL)-3-PENTANONE

3M AND NOVEC ARE REGISTERED TRADEMARKS OF 3M COMPANY
3M CENTER, BUILDING 223-05-04, ST. PAUL, MN 55144-1006 TEL (609) 810-0513

SYSTEM DESIGN REFERENCES

STANDARD FOR CLEAN AGENT EXTINGUISHING SYSTEMS, NFPA 2001, CHEMETRON NOVEC 1230 FLUID OPERATION, DESIGN, AND SERVICE MANUAL, PART NO. 30000058, (FOR MARINE APPLICATIONS, REFER TO MANUAL PART NO. 30000067.)

INSPECTION INSTRUCTIONS

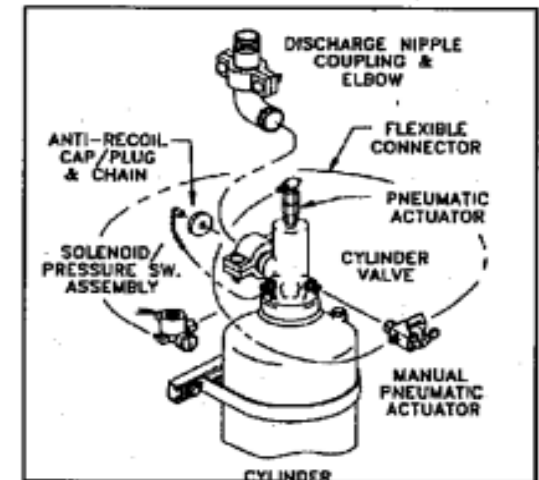
- THE CYLINDERS SHOULD BE INSPECTED MONTHLY OR MORE FREQUENTLY WHEN CIRCUMSTANCES REQUIRE.
- PIPING AND NOZZLES SHOULD BE EXAMINED TO DETERMINE THAT THEY ARE UNOBSTRUCTED.
- AT LEAST SEMIANNUALLY, THE WEIGHT AND PRESSURE SHALL BE CHECKED. THE CONTAINER SHALL BE REFILLED OR REPLACED WHEN IT SHOWS A LOSS IN AGENT QUANTITY OF MORE THAN 5 PERCENT OR A LOSS IN PRESSURE (ADJUSTED FOR TEMPERATURE) OF MORE THAN 10 PERCENT.
- IF CYLINDER VALVE ASSEMBLY IS PROVIDED WITH A LIQUID LEVEL LOCATOR, REFER TO CHEMETRON OPERATION, DESIGN, & SERVICE MANUAL FOR INSTRUCTIONS.

CYLINDER REMOVAL FROM SERVICE

1. DISCONNECT ALL FLEXIBLE CONNECTIONS BETWEEN CYLINDER VALVE, SOLENOID, MANUAL PNEUMATIC ACTUATOR AND PNEUMATIC ACTUATOR.
2. REMOVE SOLENOID/PRESSURE SWITCH ASSEMBLY, MANUAL PNEUMATIC ACTUATOR AND PNEUMATIC ACTUATOR FROM CYLINDER VALVE.
3. DISCONNECT CYLINDER VALVE FROM MANIFOLD OR PIPING SYSTEM.
4. ATTACH ANTI-RECOIL CAP/PLUG TO DISCHARGE OUTLET.
5. DISCONNECT RESTRAINTS AND REMOVE CYLINDERS FROM RACK OR RAIL.

CYLINDER INSTALLATION

1. PLACE CYLINDERS IN RACK OR RAIL AND SECURE WITH STRAPS.
2. REMOVE ANTI-RECOIL CAP/PLUG FROM DISCHARGE OUTLET OF CYLINDER VALVE.
3. SECURELY CONNECT CYLINDER VALVE TO MANIFOLD OR PIPING SYSTEM.
4. ATTACH SOLENOID/PRESSURE SWITCH ASSEMBLY, MANUAL PNEUMATIC ACTUATOR AND PNEUMATIC ACTUATOR TO CYLINDER VALVE.
5. CONNECT ALL FLEXIBLE CONNECTORS BETWEEN SOLENOID/PRESSURE SWITCH ASSEMBLY, MANUAL PNEUMATIC ACTUATOR, PNEUMATIC ACTUATOR AND CYLINDER VALVE.



WARNING: THE DISCHARGE OF CLEAN AGENT SYSTEMS TO EXTINGUISH A FIRE CAN RESULT IN A POTENTIAL HAZARD TO PERSONNEL FROM THE NATURAL FORM OF THE CLEAN AGENT OR FROM THE PRODUCTS OF COMBUSTION THAT RESULT FROM EXPOSURE OF THE AGENT TO THE FIRE OR HOT SURFACES. UNNECESSARY EXPOSURE OF PERSONNEL EITHER TO THE NATURAL AGENT OR TO THE PRODUCTS OF DECOMPOSITION SHALL BE AVOIDED.

RECYCLING PROTECTS THE ENVIRONMENT, DO NOT DISPOSE, DISCHARGE ONLY IN CASE OF A FIRE. IF CONTAINER CONTENTS MUST BE REMOVED FOR SERVICE, MAINTENANCE OR DISMANTLING OF THE CLEAN AGENT SYSTEM - PRIOR TO REMOVAL, CONTACT YOUR LOCAL INSTALLER OR MANUFACTURER FOR INSTRUCTIONS ON HANDLING EQUIPMENT AND RECLAIMING OR RECYCLING CLEAN AGENT.

DO NOT COVER, REMOVE, OR ERASE THIS LABEL.