

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Mécanique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Génie Mécanique

**Contribution à l'étude du système de
déenfumage de la station Hamma de
métro d'Alger**

Réalisé par : OUARET Fatma Manel

Présenté et soutenu le : 09 -10-2021

Composition du jury :

Président	Salah LARBI	Professeur	ENP
Examineur	Mohamed BENBRAIKA	MAA	ENP
Promoteur	Bouzid BENKOUSSAS	Professeur	ENP
Promoteur	Racha DJEBBAR	Doctorante	LEMTA-CSTB-Pprime
Promoteur	Kamel SAADI	Ingénieur	Métro d'Alger

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Mécanique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Génie Mécanique

Contribution à l'étude du système de désenfumage de la station Hamma de métro d'Alger

Réalisé par : OUARET Fatma Manel

Présenté et soutenu le : 09 -10-2021

Composition du jury :

Président	Salah LARBI	Professeur	ENP
Examineur	Mohamed BENBRAIKA	MAA	ENP
Promoteur	Bouzid BENKOUSSAS	Professeur	ENP
Promoteur	Racha DJEBBAR	Doctorante	LEMTA-CSTB-Pprime
Promoteur	Kamel SAADI	Ingénieur	Métro d'Alger

ملخص:

العمل الحالي عبارة عن دراسة رقمية لانتشار الدخان واستخراج الدخان في حالة نشوب حريق في محطة مترو من طابقين. الهدف من هذه الدراسة هو اختبار سيناريوهات الحريق المختلفة التي يمكن أن تحدث على مستوى الرصيف، وتحليل سلوك الدخان بناءً على عمليات المحاكاة العددية التي يتم إجراؤها باستخدام برنامج CFD ديناميكيات السوائل الحسابية ومقارنتها في النهاية مع نتائج الشركة.

الكلمات المفتاحية: المحاكاة، الدخان، محطة المترو، شفط الدخان، السلامة من الحرائق.

Abstract:

The present work is a numerical study of smoke propagation and smoke extraction in the event of a fire in a two-levels metro station. The aim of this study is to test different fire scenarios that can occur at the lower level, and to analyze the behavior of the smoke based on numerical simulations using FDS software (Computational Fluid Dynamics) and ultimately compare the results with those of the company.

Key words: Simulation, Smoke, Propagation, Metro station, smoke extraction, Fire safety.

Résumé:

Le présent travail est une étude numérique de la propagation des fumées et de désenfumage en cas d'incendie dans une station de métro à deux niveaux. Le but est de tester les différents scénarios d'incendies qui peuvent avoir lieu au niveau quai, et analyser le comportement de la fumée en s'appuyant sur des simulations numériques réalisées à l'aide du logiciel FDS (Fire Dynamic simulator) et comparer finalement les résultats avec ceux de l'entreprise.

Mots clés: Simulation, Fumée, Propagation, Station de métro, désenfumage, Sécurité incendie.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord je remercie le bon dieu de m'avoir donné le courage et la volonté pour achever mes études supérieures et réaliser ce modeste travail.

Je remercie mes encadreurs Mr B. BENKOUSSAS, Mme R. DJEBBAR et Mr K.SAADI d'avoir proposé et dirigé mon projet de fin d'études et pour leur disponibilité durant ces mois de travail, et leurs orientations.

Mes remerciements vont en particulier à mes chers parents pour m'avoir toujours soutenue et encouragé tout le long de mon parcours, et pour leur appui inconditionnel pour chaque étape de ma vie.

Je remercie les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant d'évaluer mon travail.

Je remercie tous mes enseignants du département de génie mécanique et ceux des classes préparatoires qui ont assuré ma formation durant ces cinq années à l'Ecole Nationale Polytechnique.

Je remercie toute l'équipe de l'entreprise Métro d'Alger pour m'avoir accueilli, et pour leur aide et leurs conseils pour la réalisation de ce travail spécialement Amine CHINOUN.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amis qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ce travail.

Je remercie enfin tous mes camarades de classe, les membres de ma famille, ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents

Maman, ma raison d'être, toi qui m'as donné tant de choses et qui continues à le faire, toi le symbole du courage, générosité et patience, tu as tant sacrifié pour le bonheur de tes enfants, j'aimerai te rendre tout l'amour que tu nous as offerts, mais une vie entière ne suffirait pas.

Papa, l'homme qui m'a fait grandir, qui as toujours été là et qui n'a jamais dit non à mes demandes, merci de m'avoir accompagné et encouragé même pendant les moments les plus difficiles, je te dois ma réussite. Rien au monde ne vaut tes efforts fournis jour et nuit pour mon bien être, ma protection et le soutien inconditionnel que tu m'apporte.

Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Je vous dédie ce travail Papa et Maman.

A ma famille

A ma sœur Nesrine et mes deux frères Mouhamed et Haroune. A mes grands-parents, et toute ma famille de près et de loin qui m'ont soutenue et encouragé pour atteindre ma réussite.

A mes chères Lilia Rouizi, Raouf Badji et Houssam Eddin Djah, que je cite particulièrement entre ma famille pour dire à quel point votre soutien et votre encouragement sont importants pour moi, Que dieu vous protège et vous offre la chance et le bonheur.

A mes amis

A mes camarades de classe, mes amis, au nom de l'amitié qui nous réunis et au nom des souvenirs inoubliables que je partage avec vous et ces moments ensemble. A vous Amira, Hamida, Kenza, Imane, Mouna, Yacine, Djamel, Abderrahmane, Lotfi, Abdellatif et Chaouki, vous êtes nombreux à m'avoir tant apporté je ne pourrai tous vous citer.

Fatma Manel OUARET

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

NOMENCLATURE

INTRODUCTION GENERALE	12
1. INTRODUCTION	12
2. HISTORIQUE ACCIDENTOLOGIE SPECIFIQUE AU TRANSPORT PAR METRO (FEU ET INCENDIE).....	13
3. PROBLEMATIQUE.....	14
CHAPITRE 1 : GENERALITES.....	15
1.1. INTRODUCTION.....	15
1.2. NORMES ET REGLEMENTATIONS CONCERNANT LA VENTILATION DE DESENFUMAGE APPLIQUEES PAR METRO D'ALGER [9]	15
1.3. HYPOTHESES LIEES A LA REGLEMENTATION [9].....	16
1.3.1. Application de l'arrêté du 22 Novembre 2006.....	16
1.3.2. Application des règles GA	16
1.3.2.1. Désenfumage des quais	17
1.3.2.2. Désenfumage de la salle des billets	17
1.4. L'INCENDIE	18
1.4.1. Les risques liés au feu sur les personnes exposées	19
1.4.2. Le taux de dégagement de chaleur (HRR).....	20
1.5. LA FUMEE	21
1.5.1. Ses caractéristiques	21
1.5.2. Phénomènes conduisant le mouvement des fumées	21
1.5.2.1. Les forces de flottabilité	22
1.5.2.2. La surpression causée par le feu	22
1.5.2.3. La dilatation thermique.....	22
1.5.2.4. Les différences de pression en fonction de la hauteur d'un bâtiment (l'effet cheminé) 22	22
1.6. LA VENTILATION, LE DESENFUMAGE ET LES EQUIPEMENTS ASSOCIES .	23
1.6.1. La Ventilation de confort [7]	23
1.6.2. Le désenfumage	24

1.6.3.	Description des équipements des circuits d'air [19, 20]	24
1.6.3.1.	Registres d'isolement des circuits	24
1.6.3.2.	Dispositifs d'insonorisation	25
1.6.3.3.	Gaines métalliques et pièces de chaudronnerie	26
CHAPITRE 2 : ETUDE NUMERIQUE		27
2.1.	INTRODUCTION.....	27
2.2.	DESCRIPTION DU CODE FDS [22, 17, 6]	27
2.2.1.	Modèles présents dans FDS	28
2.2.1.1.	Modèle hydrodynamique	28
2.2.1.2.	Modèle de combustion.....	29
2.2.1.3.	Transport des effets radiatifs	29
2.3.	PYROSIM	29
2.4.	DEFINITION DE LA CONFIGURATION RETENUE POUR L'ETUDE.....	29
2.5.	HYPOTHESES	30
2.5.1.	Modèle Numérique d'une station type.....	30
2.5.2.	Maillage de la station	32
2.5.3.	Définition des scénarios d'incendie	33
2.5.4.	Temps choisi de simulation	34
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....		35
3.1.	INTRODUCTION.....	35
3.2.	SYSTEME DE CLASSEMENT DES RESULTATS	35
3.2.1.	Choix des critères concernant la tenabilité des personnes	36
3.2.1.1.	Choix de la température des gaz retenu.....	36
3.2.1.2.	Choix concernant la toxicité	36
3.2.1.3.	Choix de la visibilité retenue	37
3.3.	POSITION 1.....	39
3.3.1.	Analyse des champs de température	40
3.3.2.	Analyse de toxicité.....	45
3.3.3.	Analyse de visibilité.....	46
3.3.4.	Récapitulatif des résultats pour la position 1 :	49
3.4.	POSITION 2.....	51
3.4.1.	Analyse des champs de température	52
3.4.2.	Analyse de toxicité.....	57

3.4.3.	Analyse de visibilité.....	60
3.4.4.	Récapitulatif des résultats pour la position 2 :	63
3.5.	POSITION 3.....	64
3.5.1.	Analyse des champs de température	65
3.5.2.	Analyse de toxicité.....	70
3.5.3.	Analyse de visibilité.....	73
6.1.1.	Récapitulatif des résultats pour la position 3 :	76
3.6.	TABLEAU RECAPITULATIF DES TROIS POSITIONS ETUDIES :	76
	CONCLUSION GENERALE	77
	BIBLIOGRAPHIE	78
	ANNEXE	81

Liste des tableaux

Tableau 1 : Accidents d'incendie typiques dans les métros ces dernières années. [4]	13
Tableau 2 : Effets de la température sur les personnes – données US Navy [15].....	20
Tableau 3 : récapitulatif sur les dimensions de la géométrie de la station étudiée	30
Tableau 4 : Effets physiopathologiques du dioxyde de carbone [15 ,24]	37
Tableau 5 : Récapitulatif des choix concernant la tenabilité des personnes	38
Tableau 6 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions thermiques pour la 1ère position	44
Tableau 7 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 1ère position	49
Tableau 8 : Récapitulatif des résultats pour la première position	50
Tableau 9 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions thermiques pour la 2ème position	57
Tableau 10 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de toxicité pour la 2ème position	60
Tableau 11 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 2ème position	63
Tableau 12 : Récapitulatif des résultats pour la deuxième position	63
Tableau 13 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions thermiques pour la 3ème position	69
Tableau 14 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de toxicité pour la 3ème position	73
Tableau 15 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 3ème position	75
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats pour la troisième position.....	76
Tableau 17 : Récapitulatif de tous les résultats étudiés.....	76

Liste des figures

Figure 1: Principe général du génie civil des stations [7]	14
Figure 2: Aperçu des Niveaux de la station HAMMA.....	14
Figure 3: triangle du feu [10]	18
Figure 4: Etapes de l'évolution caractéristique d'un feu en milieu confiné [14].....	19
Figure 5: Principe de la ventilation de confort en tunnel	23
Figure 6: Principe de ventilation de confort en station	24
Figure 7: principe de distribution des secteurs de désenfumage	24
Figure 8: Photo d'un registre prise lors de la découverte de la station étudiée.....	25
Figure 9 : Photo d'un coupe-son prise lors de la découverte de la station étudiée	26
Figure 10: maquette 3D de la station Hamma vue de l'extérieur.....	30
Figure 11 : modèle numérique de la station Hamma.....	31
Figure 12 : modélisation des gaines de ventilation	31
Figure 13 : représentation en maillage de la station.....	32
Figure 14 : maillage vue de face	32
Figure 15 : position de l'incendie.....	33
Figure 16 : Conditions limites imposées pour l'étude.....	33
Figure 17 : Positionnement des portes	35
Figure 18 : première position de l'incendie (vue de haut)	39
Figure 19 : distribution de la fumée dans la station à T_0+10 min (position 1).....	39
Figure 20 : vue de haut de la station à T_0+60 s (position 1).....	40
Figure 21 : graphe $HRR= f(t)$	40
Figure 22: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)	41
Figure 23 : Distribution de température pour les deux côtés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 1)	41
Figure 24 : La distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)	42
Figure 25 : distribution de température suivant le plan $Y= 38$ m à T_0+10 min (position 1)....	42
Figure 26 : thermocouples sur les entrées de la salle des billets à 2m du sol (position 1).....	43
Figure 27 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 1)	43
Figure 28 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 1).....	44
Figure 29 : La fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)	45
Figure 30 : La fraction volumique du CO_2 pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 1).....	45
Figure 31 : La fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)	46
Figure 32 : La visibilité à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1).....	47

Figure 33 : La visibilité pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à $T_0+ 4$ min (position 1)	47
Figure 34 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 2 niveau salle des billets (position 1)	48
Figure 35 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 2 niveau des quais (position 1)	48
Figure 36 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 4 niveau des quais (position 1)	49
Figure 37: deuxième position de l'incendie (vue de haut)	51
Figure 38 : distribution de la fumée dans la station à T_0+10 min (position 2).....	51
Figure 39 : propagation de la fumée (position 2)	52
Figure 40: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)	53
Figure 41 : Distribution de température pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 2)	53
Figure 42: Distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)	54
Figure 43 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1m du sol (position 2).....	55
Figure 44 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 2)	56
Figure 45 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 2).....	57
Figure 46 : Distribution de la fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2).....	58
Figure 47 : Distribution de la fraction volumique du CO_2 pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 2)	58
Figure 48 : Distribution de la fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)	59
Figure 49 : Toxicité à 1,75m du sol pour les entrées 1 et 2 niveau quai (position 2)	59
Figure 50 : Toxicité à 2m du sol pour les entrées 1 et 2 niveau quai (position 2)	60
Figure 51 : La visibilité à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2).....	61
Figure 52 : La visibilité pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+4 min (position 2)	61
Figure 53 : La visibilité à 1m après T_0+4 min sur le niveau quai (position 2).....	62
Figure 54: graphe de visibilité en fonction du temps pour le niveau des quais (position 2)....	62
Figure 55 : troisième position de l'incendie (vue de haut).....	64
Figure 56 : la station à T_0+10 min (position 3)	64
Figure 57 : vue de haut de la station à T_0+60 s (position 3).....	65
Figure 58: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)	65
Figure 59 : distribution de température pour les deux cotées des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 3)	66

Figure 60 : La distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)	66
Figure 61 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1 m du sol (position 3).....	67
Figure 62 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 3)	68
Figure 63 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 3).....	69
Figure 64 : La fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)	70
Figure 65 : La fraction volumique du CO_2 pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 3).....	70
Figure 66 : La fraction volumique du CO_2 à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)	71
Figure 67 : toxicité à 1,75 m du sol pour les entrées proches de la source d'incendie (position 3).....	72
Figure 68 : Toxicité à 2 m du sol pour les entrées proches de la source d'incendie (position 3)	72
Figure 69 : La visibilité à T_0+10 dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3).....	73
Figure 70 : La visibilité pour les deux cotées des escaliers sur des plans suivant x à T_0+4 min (position 3)	74
Figure 71 : La visibilité à $z= 1$ m à T_0+4 min niveau des quais (position 3)	74
Figure 72 : visibilité sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75 m du sol (position 3)	75

Nomenclature

Lettres :

ρ : Masse volumique [kg/m^3]

t : Temps [s]

\vec{u} : Vecteur vitesse [m/s]

Y_i : Fraction massique de l'élément i

D_i : Coefficient de diffusion de l'élément i [s^{-1}]

\dot{m}_i'' : Débit massique par unité de volume [$\text{kg/m}^3 \cdot \text{s}$]

\vec{f} : Vecteur de forces extérieures [N]

τ_{ij} : Composantes du tenseur de contraintes [N/m^2]

p : Pression [Pa]

h : Enthalpie [kJ/kg]

\dot{q}'' : Taux de dégagement de chaleur par unité de surface [w/m^2]

ϕ : Fonction de dissipation

R : Constante universelle des gaz parfaits [$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

T : Température [K ou °C]

M : Masse molaire

Abréviations :

CFD : Computational Fluid Dynamics

ERP : Etablissement recevant du public

Règles GA : Règles Gares Accessibles au public

NF : Norme Française

NF S : Norme Française destiné au domaine des industries diverses

NS : Norme Schweizerische (Suisse)

FD : Fascicule de documentation

SSI : système de sécurité incendie

AFNOR : Association française de normalisation

EUROVENT : Europe ventilation : l'association industrielle européenne pour les technologies du climat intérieur

HRR : Le taux de dégagement de chaleur (Heat Release Rate)

HRRPUA : Le taux de dégagement de chaleur par unité de surface (Heat Release Rate Per Unit Area)

DNS : Direct Numerical Simulation

LES : Large Eddy Simulation

FDS : fire dynamic simulator

NIST : l'Institut national des normes et de la technologie

VTT : centre de recherche technique de Finlande.

Introduction générale

1. Introduction

Le grand volume de passagers, la vitesse élevée, la ponctualité, la commodité, la sécurité et la protection de l'environnement, sont des caractéristiques et des avantages exceptionnels qui ont fait du métro le moyen de transport préféré des grandes villes pour résoudre les problèmes d'embouteillage. [1]

Néanmoins, aussi " positif " que puisse paraître ce mode de déplacement, il faut bien mesurer les risques liés à sa spécificité et surtout bien analyser les enjeux de sécurité de ce transport guidé qui déplace, chaque jour, dans un milieu souterrain confiné, un nombre très important d'usagers. En effet, ce mode de déplacement n'est pas sans générer un risque potentiellement important même si sa probabilité d'occurrence reste faible au regard du nombre de passagers transportés. L'analyse des risques et des facteurs aggravants dépendants de l'infrastructure même des tunnels de métro : faible gabarit, profondeur, intrication dans le tissu urbain, et les conditions particulières créées par un incendie en milieu sombre et confiné laissent entrevoir des difficultés importantes d'évacuation mais aussi d'intervention des services d'urgence. [2]

Plusieurs incendies dans des stations de métro se sont produits. Certains cas sont de purs accidents, tandis que d'autres ont été causés par des actes de vandalisme. Lorsqu'un incendie se déclare, des volumes massifs de gaz toxiques peuvent être générés en raison de conditions de combustion incomplètes. Les statistiques montrent qu'environ 85% des victimes du métro sont attribuées à la fumée chaude et toxique lors d'un incendie dans le métro, par contre très peu de victimes meurent par suites des brûlures [3]. Pour cela, le contrôle de la fumée et la préservation des voies d'évacuation des passagers lors d'un incendie dans le métro sont des questions importantes.

Dans les stations de métro, les exploitants de métro utilisent des systèmes de désenfumage et visent une ventilation optimale. Pour atteindre cet objectif, une recherche approfondie est nécessaire. En taille réelle, les tests peuvent être réalisés dans les stations de métro et générer des retours d'expérience utiles, mais induisent des coûts élevés (budget et instrumentation) et ne peut se faire sans perturber le fonctionnement des tunnels et des stations. Une surpossibilité d'éviter les expériences en taille réelle est d'utiliser une approche numérique. Plusieurs formes de ventilation mécanique dans des conditions d'incendie de tunnel ont été simulées et comparées par Computational Fluid Dynamics (CFD). [4]

2. Historique accidentologie spécifique au transport par métro (feu et incendie)

Le premier système ferroviaire urbain et la première ligne souterraine du monde Métropolitain inauguré le 10 janvier 1883 à Londres. C'est le « Metropolitan Railway », qui s'appelle aujourd'hui London Underground. Malgré les difficultés techniques et les problèmes de confort, le métro connaît un grand succès populaire, et le nombre de lignes augmente assez rapidement. [5]

Les incendies dans les stations de métro se sont produits fréquemment dans le passé, en particulier au cours des deux dernières décennies. On cite les trois les plus importants qui ont laissé leurs traces indélébiles dans l'histoire des accidents en stations de métro. Le premier a eu lieu dans la station de métro King's Cross à Londres (Nov. 1987) et a causé 31 morts et 47 blessés. Le deuxième dans le tunnel de métro de la capitale de la République de l'Azerbaïdjan l'Oléoduc Baku (Oct. 1995) où l'air chaud et les fumées toxiques ont provoqué la mort de 337 personnes et ont blessé gravement 227 personnes. Le troisième à la station Daegu en Corée du Sud (Fév. 2003) avec environ 200 morts. [6] Les accidents d'incendie typiques dans les métros au cours des dernières années sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1: Accidents d'incendie typiques dans les métros ces dernières années. [4]

date	site	Cause	Décès	Blessures
Novembre 2000	L'Autriche	Feu de train dans le tunnel du métro	155	18
Aout 2001	São Paulo, Brésil	Incendie dans la station de métro	1	27
Février 2003	Daegu	Incendie dans la station de métro	487	146
Février 2004	Moscou, Russie	Une explosion a provoqué un incendie dans la station de métro	50	≥ 100
Avril 2011	Minsk, Biélorussie	Explosion dans la station de métro	15	≥ 200
Novembre 2012	Guangzhou, Chine	Incendie de panne de courant	0	7
Juin 2013	Moscou, Russie	Feu de câble dans la station de métro	0	≥ 66
Juillet 2014	Pusan, Corée	Incendie d'équipement de train	0	5
Janvier 2016	Tokyo, Japon	Incendie dans la station de métro	0	2
Février 2017	Hong Kong, Chine	Incendie dans la station de métro	1	18
Janvier 2018	Guangzhou, Chine	Feu de câble dans le tunnel	3	0
Mars 2020	New York, USA	Feu de train dans le tunnel du métro	1	16

3. Problématique

Les stations souterraines du métro d'Alger sont presque toutes réalisées suivant le schéma de la figure 1, elles sont séparément ventilées par des installations présentes en station, à chacune d'elles est associé :

- Un puits d'extraction en station raccordé aux locaux de ventilation ;
- Un puits d'amenée d'air en station (dans le hall de ventilation) ;
- Des puits d'amenée d'air frais débouchant à proximité de chaque tympan. [7]

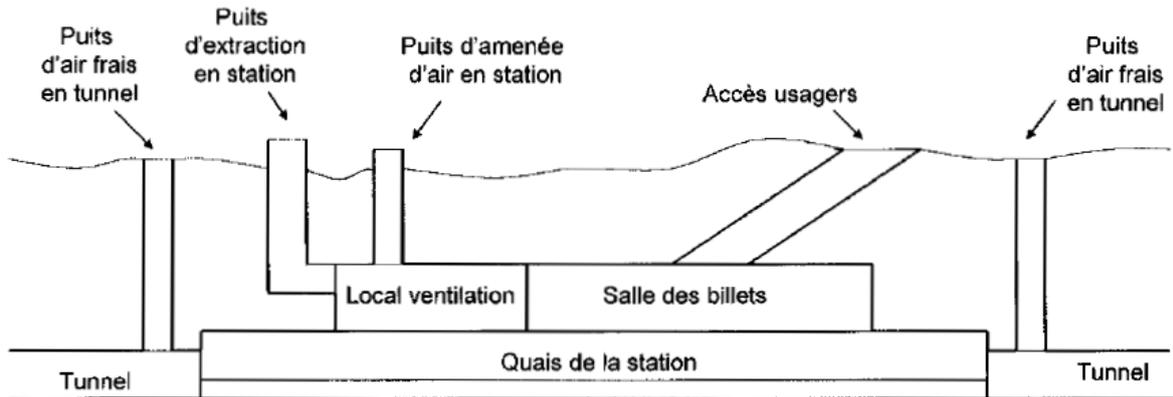


Figure 1: Principe général du génie civil des stations [7]

Dans le cadre de mon projet de fin d'études, une étude de désenfumage d'une station à deux étages nous a été confiée, il s'agit de la station HAMMA. Le but est de tester les différents scénarios d'incendies qui peuvent avoir lieu au niveau quai, et analyser le comportement de la fumée en s'appuyant sur des simulations numériques réalisées à l'aide du logiciel FDS (Fire Dynamic Simulator).

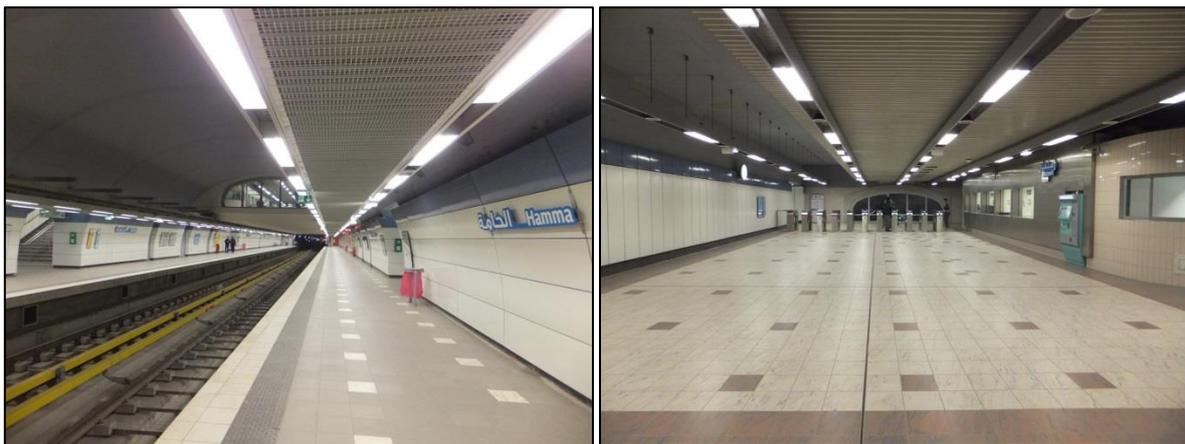


Figure 2: Aperçu des Niveaux de la station HAMMA

Chapitre 1 :

Généralités

1.1. Introduction

L'incendie est un des accidents redoutés identifiés dans les analyses de risques des systèmes de transports guidés. Un feu se déclarant dans une station peut en effet avoir des conséquences dramatiques, tant au niveau humain qu'au niveau des infrastructures et du matériel roulant. En tenant compte des dégâts remarquables que provoquent les incendies de métro, les normes et les réglementations utilisées ont été renforcées pour éviter des similaires pertes. Le présent chapitre montre les différentes normes et réglementation qu'a utilisé l'entreprise métro d'Alger lors de la conception du système ventilation pour les stations et les tunnels algériens. De plus, nous allons présenter des généralités sur les incendies, les fumées, et la ventilation en ces deux modes : mode confort et mode désenfumage.

1.2. Normes et réglementations concernant la ventilation de désenfumage appliquées par métro d'Alger [9]

La réglementation appliquée par métro d'Alger est une réglementation française ou à défaut la réglementation européenne. Les normes citées en ce qui suit sont des normes liées à la ventilation de désenfumage :

En matière de sécurité incendie :

- Le règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux ERP-21^{ème} édition, parution 01 janvier 2006 ;
- L'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport guidés urbains de personnes, en vigueur au 01 janvier 2006 ;
- L'arrêté du 20 février 1983 complétant l'arrêté du 25 juin 1980 et modifié par les arrêtés du 11 mars 1987, 2 février 1993, 21 septembre 1994, 30 juillet 2004 (Règles GA 1 à GA 15) ;
- La norme NF S 61-930-système concourant à la sécurité contre les risques d'incendie de décembre 2001 ;
- La norme NF S 61-931-système de sécurité incendie, dispositions générales d'avril 2004 ;
- La norme NF S 61-932-système de sécurité incendie, règles d'installation de septembre 1993 ;
- Les normes NF S 61-933 à NF S 61-940- système de sécurité incendie (SSI) ;

- La norme FD S 61-949-commentaires et interprétations des normes NF S 61-931 à NF S 61-939 de novembre 1995.

1.3. Hypothèses liées à la réglementation [9]

1.3.1. Application de l'arrêté du 22 Novembre 2006

Ceux sont des instructions techniques relatives à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

- Capacité des rames (cf. article 3)

La base de calcul du taux d'occupation des voitures est de six (6) voyageurs par m² de plancher.

- Débit de ventilation en mode désenfumage (cf. article 7)

En tunnel, le dimensionnement du débit des ouvrages de ventilation doit permettre d'obtenir une vitesse de balayage supérieur à 1,5 m/s dans la zone de localisation des fumées (désenfumage par balayage longitudinale), cette vitesse est directement dépendante du comportement du feu du matériel roulant. Et on doit éviter tout mouvement de fumées dans le sens inverse du sens induit par la ventilation de désenfumage (phénomène de couche de retour¹).

- Mise en surpression des accès des secours (cf. article 8)

1.3.2. Application des règles GA

Le terme « règles GA » se rapporte à l'arrêté du 20 février 1983 complétant l'arrêté du 25 juin 1980 et modifié par les arrêtés du 11 mars 1987, 2 février 1993, 21 septembre 1994, 30 juillet 2004.

- Une station métro est considérée comme une gare souterraine exclusivement « voyageurs » au sens de l'article GA 6.
- Le désenfumage mécanique est rendu obligatoire pour les stations comportant à minima 2 niveau au sens du §7 de l'article GA 5.
- Le §7.2 – Désenfumage mécanique de l'article GA 5 définit les principes régissant le désenfumage mécanique des stations.
- Les stations sont découpées en zones, pour chacune d'entre elles le débit nominal de renouvellement d'air doit être à minima de 15 volumes par heure.
- Chaque zone de désenfumage doit être équipée d'un ensemble de ventilation indépendant (extraction et soufflage) de manière telle qu'en cas de sinistre, le niveau incendie soit mis en dépression et les autres niveaux en surpression (§7.2 Désenfumage mécanique de l'article GA 5).

¹ Phénomène de couche de retour : (backlayering) c'est le mouvement de fumée ou d'un gaz chaud dans le sens contraire du flux de ventilation.

1.3.2.1. Désenfumage des quais

Le volume moyen des quais étant de l'ordre de 5 600 m³, le taux de renouvellement d'air doit être à minima 84 000 m³/h (15 fois le volume). De même, la section libre de passage en tunnel de l'ordre 40 m² et en considérant une vitesse de balayage de 1,5 m/s, le débit minimal d'air en tunnel pour assurer des conditions optimales de désenfumage s'élève à 216 000 m³/h.

Les ouvrages de ventilation situés en tunnel sont aptes à participer au désenfumage au niveau des quais en station (8^e alinéa de l'article 7 de l'Annexe à l'arrêté du 22 novembre 2005), le débit d'air insufflé représente 70% du débit d'air extrait.

1.3.2.2. Désenfumage de la salle des billets

Le volume moyen de la salle des billets est de l'ordre de 1 900 m³. Une installation d'un ventilateur d'extraction d'air dans cette zone de désenfumage est préconisée dans le §7.2- désenfumage mécanique de l'article GA 5, dont le débit en mode de fonctionnement doit assurer à minima un taux de renouvellement d'air égal à 15. Pour des raisons architecturales, la mise en œuvre d'un tel équipement s'est avérée impossible pour métro d'Alger. Pour cela, l'Instruction Technique n°246 relative au désenfumage dans les ERP est appliquée.

Au sens du §4.1 – Définition de l'IT 246, le désenfumage mécanique de la salle des billets est réalisé par :

- Le groupe moto-ventilateur installé dans le local « ventilation »
- Un réseau de gaine de captage cheminant en plafond de la salle des billets.

Les amenées d'air naturelles sont assurées par :

- Les circulations et les escaliers d'accès à la station débouchant sur l'extérieur d'une station unitaire moyenne de 10 m² ;
- Les escaliers d'accès aux quais d'une station unitaire moyenne de 10 m².

Soit une section totale des amenées d'air naturelle en station de l'ordre de 40 m² .

1.4. L'incendie

L'incendie est un grand feu non maîtrisé qui se propage rapidement et de façon incontrôlée, et cause des dégâts très importants. C'est le résultat d'une combustion qui engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire toxiques.

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible² par un comburant³ en présence d'une énergie d'activation⁴. L'absence d'un des trois éléments empêche le déclenchement de la combustion et la suppression d'un des trois éléments arrête le processus. [10,11] Cette interdépendance est symbolisée par le triangle du feu.



Figure 3: triangle du feu [10]

Les causes de l'incendie sont diverses et varient en fonction de l'environnement. Dans les métros, l'échauffement pneumatique est l'origine de plusieurs incendies. Il existe toutefois d'autres origines telles que les défauts de matériels comme les escalators. [12] Malgré l'existence de peu de causes d'incendies en stations, la conception du système de désenfumage des stations à la même importance que celle des tunnels, car en cas d'incendie sur une rame de métro circulant entre deux stations voisines, la stratégie d'urgence actuellement adoptée par les concepteurs et exploitants de métro consiste principalement à maintenir le train en marche jusqu'à ce qu'il atteigne la gare suivante, où le sauvetage est organisé. les évacuations sont organisées en tirant parti des installations de ventilation et des accès d'évacuation comparativement complets dont dispose habituellement une station [8].

En milieu confiné, le comportement du feu est assez complexe. Il est en effet impossible de décrire et de prédire tous les développements spécifiques possibles d'un tel feu. Toutefois, en fonction des produits combustibles mis en jeu, de leur agencement, de l'infrastructure et de

² Combustible : matière qui a la propriété de brûler.

³ Comburant : corps qui, en se combinant avec un autre, permet la combustion (oxygène, air, chlorates, peroxydes...).

⁴ Énergie d'activation : énergie nécessaire au démarrage de la réaction chimique de combustion

la ventilation, il est possible d'observer différentes évolutions possibles du feu conduisant chacune à des phénomènes particuliers. [13].

En général, le développement d'un feu est représenté par la courbe caractéristique de l'évolution temporelle de son débit calorifique (en kW).

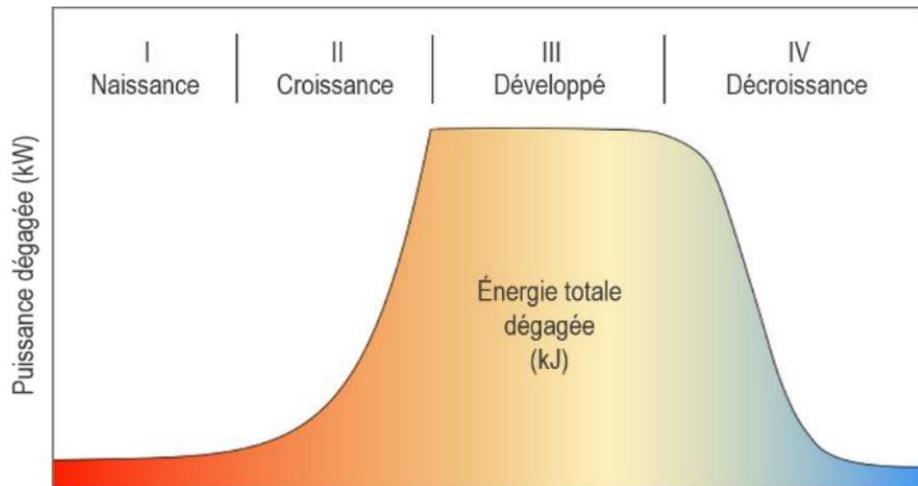


Figure 4: Etapes de l'évolution caractéristique d'un feu en milieu confiné [14]

On y distingue quatre phases :

- (I) Naissance du feu avec un faible débit calorifique.
- (II) Croissance avec un fort accroissement de la puissance calorifique.
- (III) Plateau où le feu est complètement développé et la puissance maximale est libérée,
- (IV) Décroissance quand le combustible vient à manquer et que de fait la puissance décroît jusqu'à extinction du feu. [14]

1.4.1. Les risques liés au feu sur les personnes exposées

Ils sont principalement de 3 natures :

- La perte de visibilité : l'activité visuelle est fortement diminuée à cause de l'opacité de la fumée, Cela retarde l'évacuation, désoriente les foules et peut exposer plus longtemps ou de manière plus importante aux autres effets ;

- Les risques thermiques liés au feu et aux fumées : ils peuvent entraîner des brûlures cutanées par convection liées au flux thermiques et à la température. Une table croisant température, effet physiopathologique et durée de tenabilité a été établie par l'US Navy est présenté ci-dessous :

Tableau 2 : Effets de la température sur les personnes – données US Navy [15]

Température	Incapacitation ⁵	Létalité ⁶
90 °C	35 min	60 min
150 °C	5 min	30 min
190 °C	Immédiate	15 min
200 °C	Dommages irréversibles aux voies respiratoires	
340 °C	Mort instantanée	

- Les risques toxiques du feu : ils sont liés aux espèces chimiques présentes dans les fumées, et sont les plus importants car ils peuvent causer des difficultés à respirer qui entraînent divers degrés de détresse respiratoire, voire conduire à l'asphyxie ; de plus, l'inhalation des gaz toxiques provoque des pertes de connaissances. D'autres effets peuvent être considérés, comme le risque d'anoxie induit par le manque d'oxygène, ou l'effet de colmatage des alvéoles pulmonaires par les suies. [15]

1.4.2. Le taux de dégagement de chaleur (HRR)

Pour pouvoir déterminer le comportement d'un incendie afin d'évaluer si les occupants auront le temps de se sauver et si la structure résistera suffisamment longtemps, il s'agit en premier lieu d'estimer l'énergie ou la chaleur dégagée par l'incendie. [12]

Le taux de dégagement de chaleur (Heat Release Rate : HRR), appelée aussi la puissance d'un incendie, c'est la quantité d'énergie par unité de temps dégagée d'un objet siège d'une réaction de combustion, elle est mesurée en Watt. Pour la plupart des matériaux, cette quantité varie au cours du temps. [16] La détermination expérimentale du HRR se fait en évaluant la source d'énergie délivrée vers l'environnement proche.

Trois catégories de méthodes existent et sont classées suivant les grandeurs physiques mesurables :

- La masse du combustible (méthode mécanique), communément utilisée pour les feux de gaz, de liquides et pour quelques combustibles solides simples, dans des conditions de combustion proche de la stœchiométrie.
- La masse d'oxygène ou de produits de combustion (méthode chimique), utilisée pour des combustibles plus complexes pour lesquels la mesure de perte de masse est technologiquement complexe et/ou l'enthalpie de combustion est très incertaine. Cependant, la méthode chimique ne peut pas être utilisée pour les foyers composés de matériaux complexes et pour les régimes de combustion sous-ventilés. Cette méthode a été proposée en 1980 pour la mesure de la puissance d'incendies en milieu ouvert et elle est très largement utilisée de nos jours.

⁵ Incapacitation : Impossibilité physique d'accomplir une tâche spécifique: par exemple évacuer un local encombré par de la fumée.

⁶ Létalité : Risque d'entraîner la mort

- La quantité de chaleur transférée par le foyer à son environnement proche (méthode thermique), basée sur un bilan d'énergie au sein d'un système contenant la source incendie. Il s'agit d'évaluer l'ensemble des flux de chaleur dissipée aux frontières du système et d'en déduire la puissance produite par l'incendie. [17]

Il existe assez peu de mesures des HRR pour les véhicules ferroviaires et de métro (matériel roulant). La majorité des tests disponibles proviennent de la série de tests EUREKA 499. Dans ces tests, il est montré que le HRR maximum pour le chariot variait de 7 MW à 77 MW, et le temps pour atteindre le taux de dissipation thermique maximum variait de 7 min à 118 min (Li et Ingason, 2016). [8]

1.5. La fumée

La fumée est un aérosol de nature variable et dynamique issue de la source incendie. Elle se déplace par le gré des conditions de son environnement, sa température change chaque instant, La fumée est ainsi un mélange formé des trois états de la matière: des particules solides qui forment ce qui appelé communément la suie (carbone imbrulé), des aérosols et des condensats divers qui sont à l'état liquide et le gaz de combustion. [6,16]

1.5.1. Ses caractéristiques

La taille des particules de fumée peut varier entre 0.01 et $10 \mu m$. La couleur résultante nous renseigne sur la composition :

- Fumées blanche révélatrice d'aérosol et de vapeur d'eau,
- Fumée grise pour les mélanges d'aérosols et de particules solides,
- Fumée noire pour les grosses particules solides.

Le débit des fumées dépend de la surface du feu, de la température et de la hauteur des flammes et de l'épaisseur de la couche de fumée. La vitesse horizontale du front de fumée est de l'ordre de $0.2 m/s$ à $1 m/s$. Les fumées ont tendance à occuper le maximum de volume et à créer une légère surpression dans le local incendié. Elles sont sujettes à un tirage thermique vertical favorisant leur migration vers les étages supérieurs. [6]

1.5.2. Phénomènes conduisant le mouvement des fumées

Le mouvement des fumées est purement turbulent, instable et instationnaire. C'est un phénomène complexe piloté par un mécanisme de convection naturelle induit par un gradient de densité entre la fumée et le gaz environnant et des mécanismes de convection forcée (vent, ventilation mécanique).

La propagation dépend des caractéristiques physiques de la fumée (température, concentration, vitesse...), de celles du gaz environnant (vitesse, présence de vent, composition chimique...) ainsi que de la présence de structures ou d'obstacles (tunnel, objet isolé, milieu ouvert ou fermé...). [18] Les forces qui conduisent les fumées sont la conséquence de plusieurs phénomènes [16]:

- Les forces de flottabilité (poussée d'Archimède et la gravité).
- La dilatation thermique.
- La surpression causée par le feu.
- Effet de cheminée (Stack effect).

1.5.2.1. Les forces de flottabilité

La différence de densité entre les produits chauds (l'air chauffé par l'énergie dégagée du feu et les produits de combustion) et l'air frais est manifestée par des mouvements de convection. La poussée d'Archimède cause le déplacement d'air chaud vers le haut étant plus léger que l'air frais. Au contraire, et la gravité provoque la descente de l'air frais qui est plus dense que l'air chaud. En résumé, plus la température ambiante est élevée, plus la fumée monte. Les mouvements de convection engendrés par ces deux forces opposées expliquent des phénomènes comme la forme pointue des flammes en V inversé d'un panache de fumée, la propagation d'un incendie aux étages supérieurs d'un bâtiment en laissant le milieu intact et de même l'effet de roulement de la fumée au plafond.

1.5.2.2. La surpression causée par le feu

La fumée accumulée au plafond crée une surpression en hauteur donc une baisse de pression au niveau du sol, cela est expliqué par la loi des gaz parfaits ($PV=nRT$) : l'augmentation de température des gaz dans un volume fixe engendre une élévation de sa pression. Cette différence de pression cause un mouvement d'air.

1.5.2.3. La dilatation thermique

Les molécules gazeuses de l'air réchauffé par le feu et celles de la fumée s'agitent, leurs collisions créent une dilatation de leurs volumes. La loi de Charles explique ce phénomène: le volume d'un gaz est directement proportionnel à sa température et à sa pression. Toujours selon la loi des gaz parfaits, à chaque élévation de température de *1 Kelvin*, un gaz se dilate de $1/273$ de son volume initial. De façon générale, on pourrait supposer que dans la plupart des incendies, le volume des gaz chauds devrait au moins tripler par rapport au volume de l'air frais au départ. Le phénomène de dilatation thermique explique en partie la rapidité de propagation de la fumée, de même que l'abaissement de la couche de fumée dans un milieu fermé.

1.5.2.4. Les différences de pression en fonction de la hauteur d'un bâtiment (l'effet cheminé)

La fumée a tendance à se propager vers les étages supérieurs par les ouvertures verticales grâce aux forces de flottabilité et la surpression causée par le feu en faisant un appel d'air du bas vers le haut. Ce mouvement général de la fumée vers le haut est d'autant plus rapide que l'édifice est élevé, On compare cet appel d'air dans les cages ouvertes à celui d'un effet de tirage dans une cheminée, c'est pourquoi il est nommé « effet de cheminée » ou aussi « effet de tirage ».

Dans les stations de métro, l'effet de cheminée joue un rôle significatif dans le contrôle des fumées, car il y existe plusieurs espaces superposés verticalement connectés entre eux, et à travers lesquels les fumées vont être conduites par action des forces de flottabilité.

1.6. La ventilation, le désenfumage et les équipements associés

Deux modes de ventilation sont identifiés :

- La ventilation de confort ;
- La ventilation incendie : c'est le désenfumage.

1.6.1. La Ventilation de confort [7]

La ventilation de confort a pour objectif d'assurer une atmosphère saine et évacuer la chaleur dégagée par les installations et les usagers. Les tunnels ne nécessitent pas généralement ce type de ventilation, puisque les rames sont climatisées, et le temps de présence du personnel dans les tunnels est très limité en période d'exploitation. Par contre au niveau des stations, le nombre de personnes transitant représente une charge thermique importante.

En tunnel, le principe de la ventilation de confort est une extraction par les ouvrages de ventilation en inter-station. L'amenée d'air frais s'opère de façon non mécanisée par les puits d'amenée d'air en tunnel.

Pour les locaux techniques, un sous-système de ventilation est mis en place pour les maintenir dans une ambiance thermique compatible avec l'intervention du personnel et le fonctionnement du matériel présent, cette ventilation doit être capable d'évacuer la chaleur dégagée par les équipements.

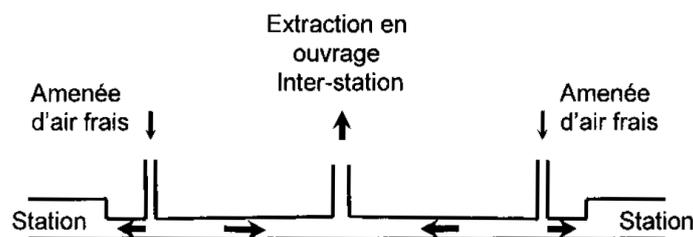


Figure 5: Principe de la ventilation de confort en tunnel

En station, le principe général est basé sur une extraction répartie dans les différents secteurs de la station associée à une amenée d'air libre par les ouvrages d'amenée d'air en tunnel et les accès à la station depuis le domaine public.

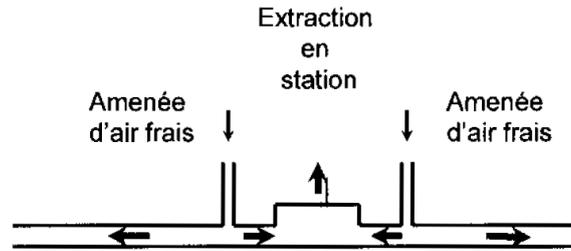


Figure 6: Principe de ventilation de confort en station

1.6.2. Le désenfumage

Le désenfumage a pour but de permettre l'auto-évacuation des usagers en cas d'incendie, et d'apporter des conditions satisfaisantes d'intervention pour les services de secours et de lutte contre l'incendie tel que maintenir une visibilité suffisante, diminuer la teneur des gaz toxiques, conserver un taux d'oxygène acceptable et empêcher l'élévation de la température par apport d'air frais. [6] Le principe de base du système de ventilation est tel que l'ensemble de la ligne est segmenté en une série de secteurs. Chaque tronçon de tunnel compris entre un ouvrage inter-station et une station est considérée comme un secteur de ventilation de type tunnel. Les stations sont découpées en 2 secteurs, le premier regroupe tout le niveau des quais tandis que le second est principalement constitué de la salle des billets. [7]

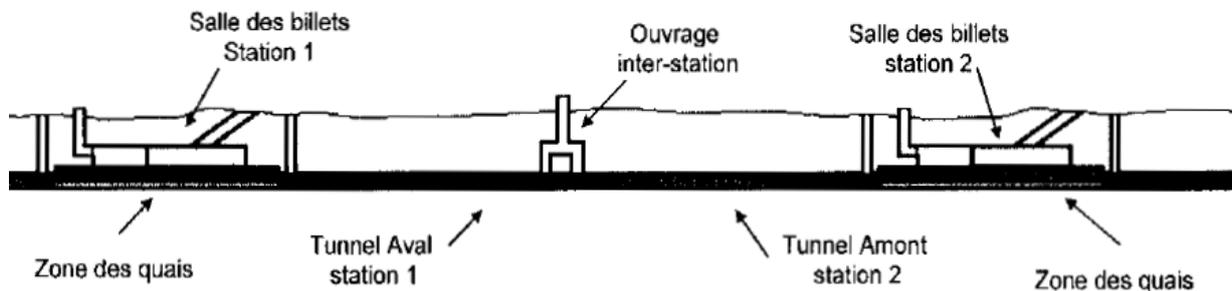


Figure 7: principe de distribution des secteurs de désenfumage

Vinci Grands Projects a élaboré des scénarios incendie basés sur 3 types de situations :

- L'incendie en station, comporte les 2 situations :
 - La salle des billets associée aux accès ;
 - Les quais.
- L'incendie en tunnel. [7]

1.6.3. Description des équipements des circuits d'air [19, 20]

1.6.3.1. Registres d'isolement des circuits

Les registres sont des dispositifs qui permettent de moduler le débit d'une canalisation ou de modifier la répartition des débits. Ils permettant l'isolement soit d'un ouvrage de ventilation

au niveau de son débouché dans le tunnel, soit d'un groupe moto-ventilateur et de ses équipements afférents.



Figure 8: Photo d'un registre prise lors de la découverte de la station étudiée

1.6.3.2. Dispositifs d'insonorisation

Les nuisances sonores créées par les ventilateurs sont importantes et nécessitent la mise en place de dispositifs d'insonorisation qui peuvent être montés devant et derrière les ventilateurs.

- a- Silencieux annulaires : Ce sont les plus couramment utilisés. Ils sont constitués d'une enveloppe tubulaire insonorisée d'un diamètre équivalent à celui du ventilateur et sont montés en série avec celui-ci. Leur efficacité dépend du matériau d'insonorisation utilisé et de leur longueur.
- b- Silencieux à baffles : Servent à obtenir une baisse très importante du bruit, ils sont constitués de panneaux déflecteurs de sons parallèles insonorisés. Leur efficacité est bien meilleure que celle des silencieux axiaux, mais leur coût est aussi beaucoup plus élevé, ainsi que leur encombrement.

L'entreprise Métro d'Alger utilise des dispositifs d'insonorisation à baffles montrés sur la figure 9.



Figure 9 : Photo d'un coupe-son prise lors de la découverte de la station étudiée

1.6.3.3. Gains métalliques et pièces de chaudronnerie

Volume fermé généralement accessible et renfermant un ou plusieurs conduits. Les gains de raccordement des ventilateurs aux conduits béton de la station sont des pièces de transformation, diffuseurs ainsi que les pièces permettant d'aménager les singularités des circuits (coudes, variations de section) sont en tôles acier galvanisée.

Chapitre 2 :

Etude numérique

2.1. Introduction

Parallèlement à l'expérience, l'approche numérique est très efficace pour exploiter et étudier les incendies, en réduisant les coûts et les difficultés tout en permettant aux ingénieurs de prendre en compte plus rapidement des phénomènes physiques réalistes sur des géométries réelles. Grâce à l'amélioration croissante, de la capacité et de la puissance de réseaux de calcul, il sera possible d'obtenir une résolution permettant une simulation de plus en plus proche de la réalité. Dans le cadre de ce travail, l'outil numérique utilisé est le code FDS qui va être décrit dans le présent chapitre, le fichier input de FDS a été produit par Pyrosim. FDS est un logiciel en cours de développement depuis près de 25 ans. Il a été rendu public pour la première fois en 2000. FDS est fourni avec un logiciel de visualisation tridimensionnel intitulé Smokeview [21]. Le présent chapitre contient aussi des détails sur la station sujette à notre étude, ses dimensions et les différentes hypothèses prises en considération lors de la simulation, tel que le maillage, les scénarios d'incendie et le temps de simulation.

2.2. Description du code FDS [22, 17, 6]

En tant que code de calcul, FDS se base sur la résolution numérique d'une forme des équations de Navier-Stokes appropriée pour un écoulement à basse vitesse (faible nombre de Mach : $M < 0.3$), permet de simuler la propagation des fumées et de faire varier la puissance de l'incendie. Il s'agit d'un programme Fortran qui lit les paramètres d'entrée à partir d'un fichier texte, dans ce fichier l'utilisateur spécifie le maillage, les obstructions présentes dans le domaine, les conditions aux limites, etc. par des groupes de commande, tel que (GRID, OBST, VENT,), suivi par les paramètres de repérage. Les données de sortie spécifiées par l'utilisateur sont écrites dans des fichiers. FDS tient compte d'un maillage régulier suivant toutes les directions, le maillage du volume est cartésien.

Quant à Smokeview, c'est un programme compagnon de visualisation utilisé pour afficher les résultats d'une simulation FDS. Son interface est simple, pilotée par un menu qui lit les fichiers de sortie FDS et produit des animations sur l'écran de l'ordinateur.

Le code FDS et Smokeview sont les produits d'un effort de collaboration internationale dirigé par l'Institut national des normes et de la technologie (NIST) et le centre de recherche technique VTT de Finlande.

Cependant, il existe divers programmes tiers qui ont été développés pour générer le fichier texte contenant les paramètres d'entrée nécessaires à FDS, tel que le logiciel Pyrosim, Blender FDS, CPI WIN FSE...

2.2.1. Modèles présents dans FDS

Le code FDS est muni de trois modèles intégrés qui permettent de simuler le feu et le transfert de chaleur et de matière :

- Le modèle hydrodynamique ;
- Le modèle de combustion ;
- Les transports des effets radiatifs.

2.2.1.1. Modèle hydrodynamique

FDS résout une forme des équations de Navier-Stokes appropriée aux écoulements à faible vitesse. L'algorithme principal utilisé est un schéma de prédiction-corrrection explicite de second ordre dans l'espace et le temps. Parmi les trois principales techniques de modélisation de la turbulence (DNS, RANS, LES), FDS n'en contient que deux: la technique LES et la méthode DNS.

La turbulence est traitée par l'approche à grande échelles LES (Large Eddy Simulation) qui est le mode de traitement par défaut. C'est aussi possible d'exécuter une résolution en mode DNS (Direct Numerical Simulation). Cependant, les simulations DNS exigent un maillage très fin, et sont limitées actuellement par la puissance des ordinateurs. A noter que L'algorithme numérique de FDS est conçu d'une façon à ce que le traitement par LES tend vers celui de DNS quand le maillage est suffisamment raffiné.

Les équations simplifiées du modèle hydrodynamique se résument dans:

- L'équation de conservation de la masse :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

- Conservation des espèces :

$$\frac{\partial (\rho Y_i)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho Y_i \vec{u}) = \vec{\nabla} \cdot (\rho D_i) \cdot \vec{\nabla} Y_i + \dot{m}_i''' \dots\dots\dots(2)$$

- Conservation de la quantité de mouvement :

$$\frac{\partial \rho \vec{u}}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \rho \vec{u} \vec{u} + \vec{\nabla} p = \rho \vec{f} + \vec{\nabla} \cdot \tau_{ij} \dots\dots\dots(3)$$

- Equation de conservation d'énergie :

$$\frac{\partial \rho h}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \rho h \vec{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \vec{\nabla} \cdot q + \phi \dots\dots\dots(4)$$

- Equation des gaz parfaits :

$$p = \frac{\rho RT}{M} \dots\dots\dots(5)$$

2.2.1.2. Modèle de combustion

FDS utilise deux modèles de combustion dont le modèle de la fraction du mélange est le modèle par défaut. La fraction du mélange est une quantité scalaire conservée fonction de l'espace et du temps. C'est la fraction de gaz à un point donné dans le domaine, elle peut être définie comme étant le rapport entre la masse partielle des espèces et la masse totale présente dans le volume

Dans ce modèle, la combustion est supposée produite dans un mélange contrôlé et que la réaction du combustible et de l'oxygène est infiniment rapide. La fraction massique de tous les réactants et produits peut être dérivée de la fraction de mélange par le moyen d'équation d'état, ou bien d'expressions empiriques obtenues par analogie entre des analyses simplifiées et des expériences.

Dans notre étude on considère un feu de puissance constante, donc on ne prend pas compte de la combustion.

2.2.1.3. Transport des effets radiatifs

Le transfert de chaleur radiatif est inclus dans le modèle par la résolution de l'équation de transport radiatif pour un gaz gris non diffusif.

2.3. Pyrosim

Pyrosim permet de construire de façon graphique et optimisée des modèles complexes de simulation d'incendie, il est une interface évoluée ainsi qu'un générateur de code mieux adapté au travail sur des modèles FDS.

Cet outil importe des modèles créés avec FDS, dont il reproduit le formalisme et la palette d'outils, pour les retravailler et les faire évoluer. Il permet aussi de construire à partir de zéro des modèles en s'appuyant sur des fichiers AutoCAD DXF et DWG, FBX, STL, IFC et OBJ. Pyrosim permet aussi d'importer des fichiers GIF, JPG ou PNG utilisable en fond d'écran pour aider à définir les espaces et leurs composants directement en calque des images importées. Pyrosim peut aussi transmettre ses résultats pour servir dans des modèles Pathfinder, le logiciel de simulation de piétons et d'évacuation de personnes.

2.4. Définition de la configuration retenue pour l'étude

Il s'agit d'une station à deux niveaux : le niveau des quais et le niveau de salle des billets. Les quais ont une longueur de 115,5 m, une largeur de 14,5 m et la hauteur est variable. Les voies de communication entre les deux niveaux sont les quatre trémies des escaliers qui ont une longueur de 34 m et une largeur de 4 m chacune. Sur le quai gauche un train composé de 6 wagons est garé.

Tableau 3 : récapitulatif sur les dimensions de la géométrie de la station étudiée

Longueur totale de la station	115.5 m
Largeur du niveau quai	14.5 m
Hauteur du niveau quai	Partie 1 : 3,5 m
	Partie 2 : 8,2 m
	Partie 3 : 6,3 m
Dimensions des trémies des escaliers	Longueur : 34 m
	Largeur : 4 m
Nombre de voiture composant le train	6 voitures

2.5. Hypothèses

2.5.1. Modèle Numérique d'une station type

La station a été créée sur Solidworks suivant les plans d'architecture de la station Hamma, la maquette résultante a été enregistrée sous format STL puis importée sur Pyrosim.

Les conditions limites choisies pour l'extraction ou l'insufflation d'air ont été spécifiées par le groupe VENT, en imposant une surface de type Exhaust ou Supply respectivement, le contact avec l'air atmosphérique se fait en posant un maillage ouvert (Open boundary), et la source de chaleur se fait en imposant un VENT dont la surface attribuée est de type Burner.

Pour des raisons numériques, un tronçon court sera modélisé de part et d'autre de la station (on ne peut pas appliquer des VENT que sur des obstructions).

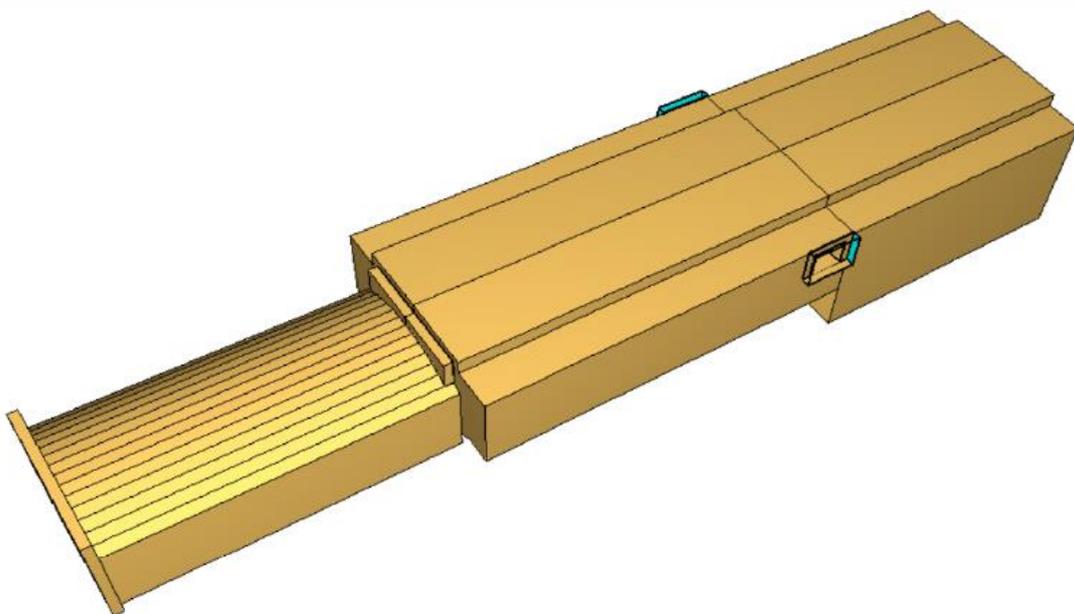


Figure 10: maquette 3D de la station Hamma vue de l'extérieur

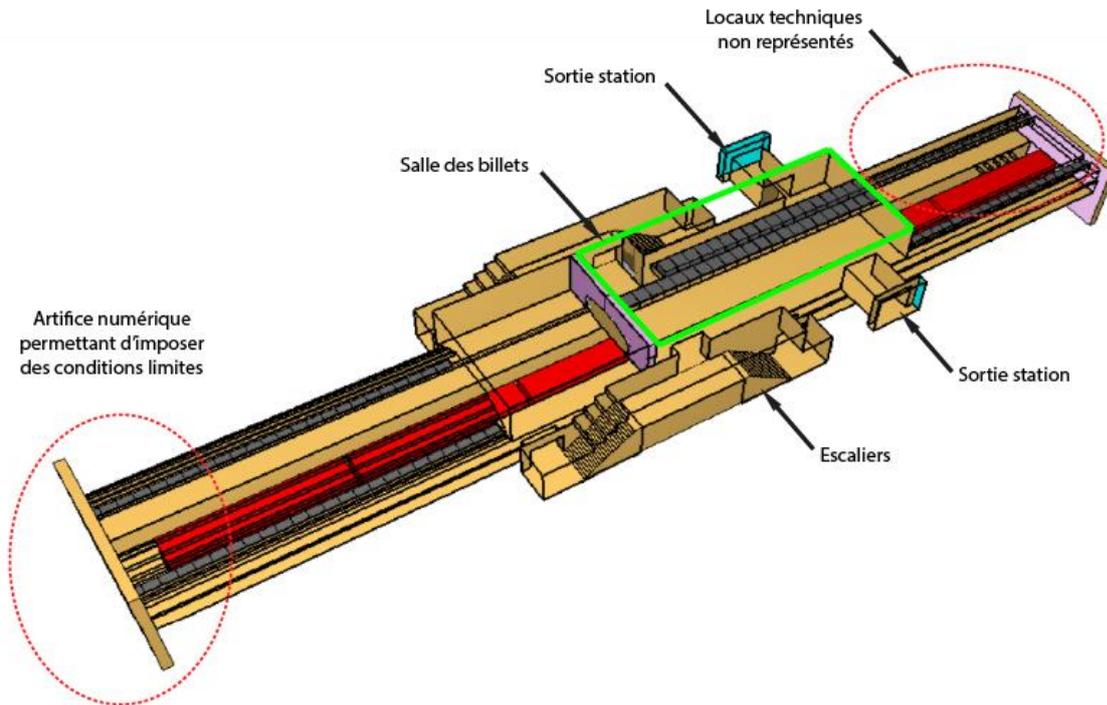


Figure 11 : modèle numérique de la station Hamma

Il existe quatre types de gaines de ventilation dans la station :

- Gaine de ventilation de la salle des billets,
- Gaine de ventilation des quais,
- Bouches de désenfumage au-dessus des voies,
- Gains de ventilation en sous-quais, utilisées seulement en mode de confort.

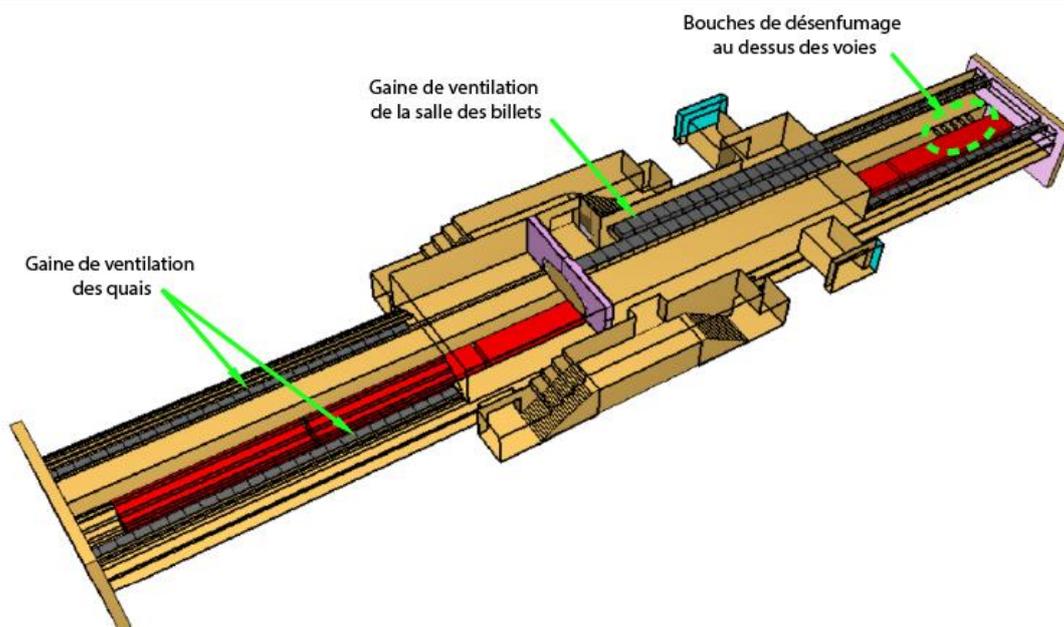


Figure 12 : modélisation des gaines de ventilation

2.5.2. Maillage de la station

La discrétisation de la géométrie est présentée en multi-bloc pour mieux épouser la forme de la station, chaque bloc a donc une forme parallélépipédique. Deux tailles de maillage sont utilisées, un maillage moyen cubique de cote 0,25m dans les volumes simples tels que la salle des billets, les escaliers et la partie basse du niveau quai. Un maillage raffiné de cote 0,125 m est utilisé autour du feu et dans la partie haute du niveau quai qui a une forme complexe. On obtient finalement 125 963 mailles pour la salle des billets, 1 164 048 mailles au niveau quai, et 83 700 mailles pour les escaliers. Donc un total de 1 373 711 mailles pour toute la station. Les obstructions et les événements sont entrés en fonction du système de coordonnées global et n'ont pas besoin de s'appliquer à un maillage particulier, chaque maille vitrifie les coordonnées de toutes les entités géométriques et décide si elles doivent être incluses ou non. [21]

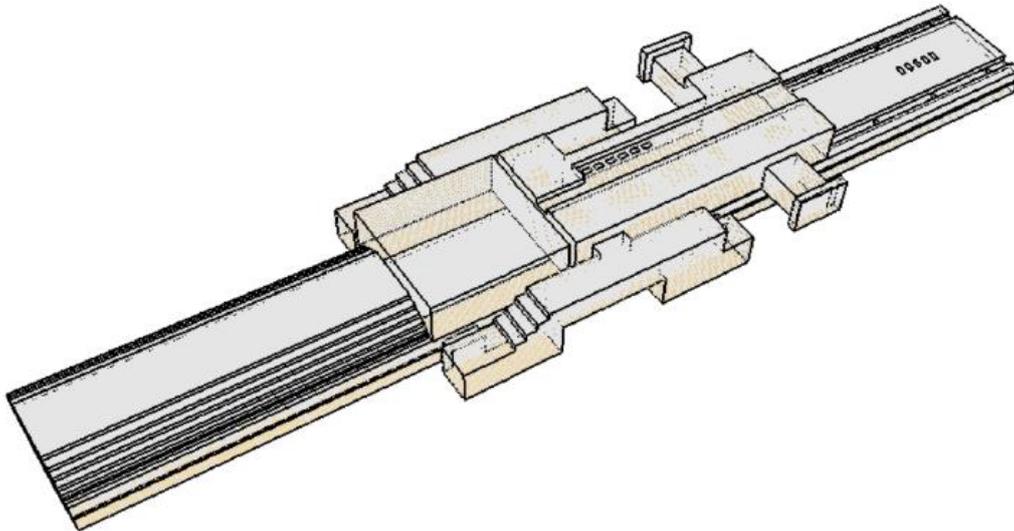


Figure 13 : représentation en maillage de la station

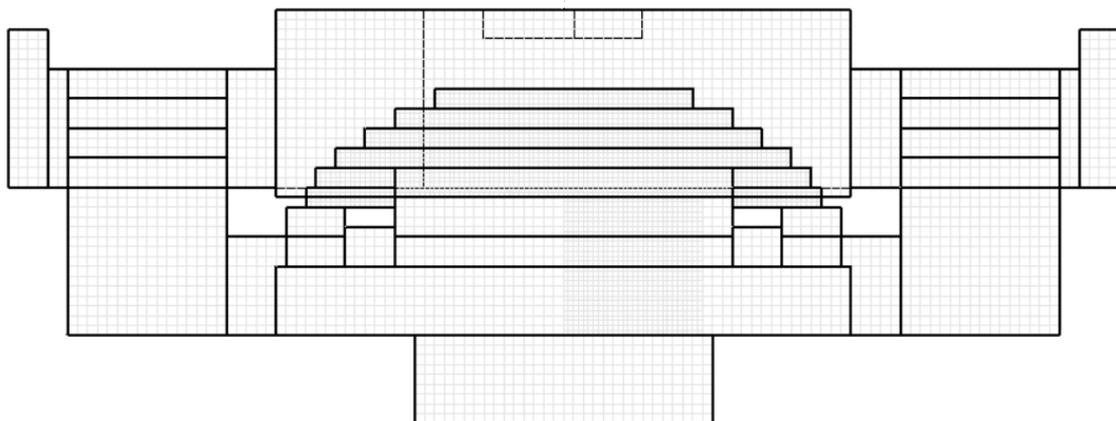


Figure 14 : maillage vue de face

2.5.3. Définition des scénarios d'incendie

Notre travail consiste sur la vérification du scénario fourni par l'entreprise métro d'Alger, l'incendie va être positionné dans trois endroits différents :

- Sur un wagon à l'extrémité droite, ou la hauteur du plafond est la plus basse,
- Sur un wagon au milieu
- Sur un wagon à l'extrémité gauche.

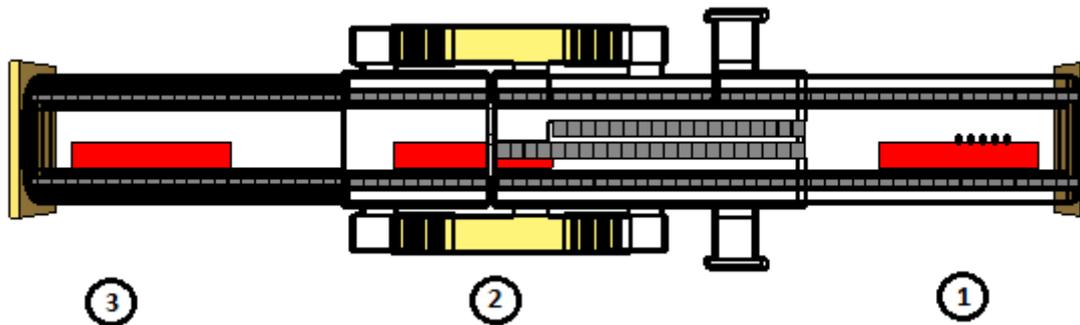


Figure 15 : position de l'incendie

Dans ce cas la puissance du feu HRR est imposée et non pas recherchée. Dans tout ce qui suit, on suppose une puissance de 10MW répartie uniformément sur la surface intérieure du wagon en feu, ce qui fait un HRRPUA ou puissance surfacique de 185,185 kW/m².

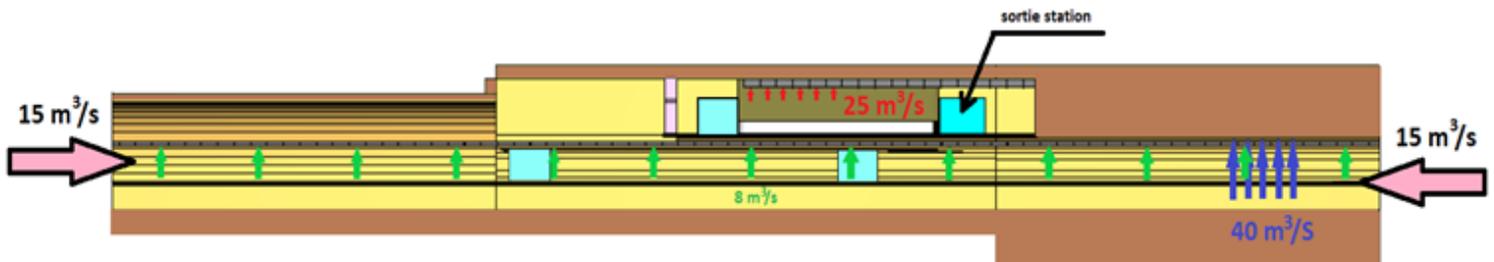


Figure 16 : Conditions limites imposées pour l'étude

La réglementation d'incendie des ERP indique que la ventilation doit permettre la non-migration de fumées d'une zone à l'autre. Ce qui explique le scénario adapté par l'entreprise :

- Insuffler 25 m³/s dans la salle des billets,
- Insuffler 15 m³/s de chaque tunnel,
- Une extraction de 48 m³/s du niveau quai,

On note que dans le niveau quai existe deux extracteurs, une extraction de 8 m³/s par l'ensemble des deux gaines des quais fonctionnent de la même manière en mode confort et en mode incendie, chacune d'elles contient 13 ouvertures, on trouve alors 0,31 m³/s par

ouverture. Une autre extraction de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ se fait par les cinq bouches de désenfumage au-dessus des voies qui sont directement connecté aux ventilateurs.

2.5.4. Temps choisi de simulation

Le temps choisi pour la simulation est de 10 minutes. Ce choix est en accord avec la durée nécessaire à l'évacuation des usagers.

Chapitre 3 :

Résultats et interprétations

3.1. Introduction

Ce chapitre consiste à analyser les résultats de la simulation du scénario fourni par l'entreprise Métro d'Alger, l'analyse doit se poser sur plusieurs paramètres qui peuvent conduire à des difficultés d'évacuation.

3.2. Système de classement des résultats

Les variables sur lesquelles l'analyse des résultats sera basée sont : la température, la toxicité (niveau du CO₂ dans l'air) et la visibilité, pour cela des coupes (*slices*) à différents niveaux sont effectuées, cela concerne principalement des plans se situant à une hauteur de 1m, 1.75m et 2m du sol pour les deux niveaux de la station. D'autres plans verticaux sont effectués au milieu des escaliers, et sur le plan milieu du train en feu. Des appareils de mesure ont été placés sur chaque porte à une hauteur de 1m, 1.75m et 2m du sol, pour cela les portes ont été numérotées pour pouvoir étudier chacune séparément (voir figure 18).

Pour les résultats de simulations, dans le but de mieux étudier les échelles lorsque la valeur limite est fortement dépassée, on a attribué la même couleur (violet) à toutes les valeurs qui dépassent la valeur limite imposée.

On va noter en ce qui suit l'instant du début de l'incendie comme T_0 .

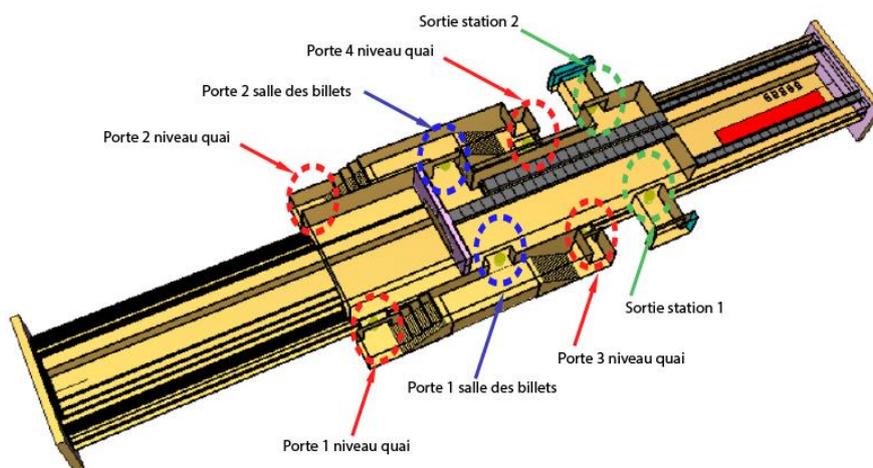


Figure 17 : Positionnement des portes

3.2.1. Choix des critères concernant la tenabilité des personnes

3.2.1.1. Choix de la température des gaz retenu

La température est le paramètre le mieux résolu par FDS, plusieurs recherches ont été réalisées pour trouver les conditions critiques de température dans les milieux confinés, tel que l'essai de feu d'école de Los Angeles en 1959 qui a montré qu'une température de 66°C à une hauteur de 1,5 m conduisait à des conditions critiques pour l'évacuation. [15]

La valeur d'acceptabilité retenue pour notre étude est $T = 40\text{ °C}$. La raison de ce seuil est que le critère tient également compte des phénomènes suivants : l'air est pollué par les effluents de l'incendie ; l'air est également potentiellement humide, ce qui augmente le transfert thermique ; la convection est augmentée par l'incendie et par le système de désenfumage, ce qui augmente également le transfert thermique ; enfin, les conditions de stress générées par l'incendie peuvent affecter la résistance à la chaleur. En effet, les seuils d'acceptabilité sont inférieurs aux seuils de létalité et de blessures importantes. Ils doivent donc plutôt être considérés comme des seuils au-delà desquels il est estimé que l'évacuation dans de bonnes conditions n'est plus assurée. [22]

3.2.1.2. Choix concernant la toxicité

Les caractéristiques de la fumée dépendent beaucoup de la nature du combustible considéré, les gaz toxiques dégagés lors des incendies sont classés en deux grandes catégories, les gaz asphyxiants et les gaz irritants. Lorsqu'une victime est exposée à une atmosphère irritante⁷, elle ressent tout d'abord une sensation d'irritation des yeux, du nez, de la gorge, puis des poumons. Cette irritation est proportionnelle à la concentration en gaz irritant.

L'effet des gaz asphyxiants par contre est plus grave, presque la totalité des décès dus à l'intoxication par des fumées sont causés par le monoxyde de carbone (CO), l'acide cyanhydrique (HCN) et le dioxyde de carbone (CO₂). Les asphyxiants affectent les systèmes cardio-vasculaire et nerveux par sous-oxygénation, ce qui entraîne rapidement une perte de connaissance suivie immédiatement par le décès. La susceptibilité à l'intoxication est fort différente entre un sujet au repos et un sujet en activité. Donc un sujet soumis à la panique s'intoxique encore plus rapidement.

Dans le cadre de notre étude, l'élément choisi est le CO₂ car ce gaz est présent en grande quantité dans les fumées de combustion de presque tous les matériaux, et que à faible dose, le CO₂ provoque un phénomène d'hyperventilation, qui va accroître la quantité de gaz toxiques inhalée, A forte dose il présente néanmoins un effet asphyxiant. [15]. A noter que l'air extérieur contient 0.04% de CO₂ (408ppm en 2018) [23],

⁷ Irritants : substance qui enflamme les tissus et les organes en provoquant une sensation de douleur. Les gaz irritants présents dans les effluents du feu sont principalement les acides inorganiques tel que le chlorure d'hydrogène (HCl), le fluorure d'hydrogène (HF), le bromure d'hydrogène (HBr), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), et certains composés organiques comme l'acroléine, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde.

Tableau 4 : Effets physiopathologiques du dioxyde de carbone [15 ,24]

Pourcentage volumique de CO ₂ dans l'air	Effet physiopathologique
10%	Céphalées ⁸ et vertiges ⁹
20%	Narcole ¹⁰
A partir de 25%	Une dépression du système nerveux centrale avec coma parfois convulsif et la mort

En France, il n'existe pas de valeur limite d'exposition professionnelle, indicative ou réglementaire, pour le dioxyde de carbone. Il existe par ailleurs des valeurs limites pour de courtes durées d'exposition :

15 000 ppm, soit (1,5%), moyenne pondérée sur 10 min (Short-Term Exposure Limit) au Royaume-Uni ;

30 000 ppm pour la TLV-STEL (Short-Term Exposure Limit) de l'ACGIH. Cette valeur limite d'exposition de courte durée correspond à la concentration moyenne pondérée sur 15 min, qui ne doit être dépassée à aucun moment de la journée. Les expositions instantanées dépassant cette valeur ne doivent pas se produire plus de 4 fois par jour, à intervalle minimum d'au moins une heure. La TLV-TWA doit être respectée.

Enfin, la valeur de 40 000 ppm a été retenue pour l'IDLH ou « Immediately Dangerous to Life and Health Concentration », valeur considérée aux Etats Unis comme seuil limite pour une évacuation rapide des travailleurs avec absence d'effet irréversible sur la santé. [25]

Par la suite, on va prendre la limite d'exposition au CO₂ : 15 000 ppm (1,5%) comme valeur de référence pour l'étude de la toxicité.

3.2.1.3. Choix de la visibilité retenue

Lors du démarrage de d'un incendie, les personnes présentes doivent fuir rapidement. Cette évacuation ne peut se faire si la visibilité est insuffisante.

La visibilité est une conséquence physiopathologique de l'opacité des fumées, cela signifie que le paramètre à déterminer expérimentalement ou par le calcul est l'opacité, exprimée sous forme de densité optique ou de coefficient d'extinction. Les études ont montré que dans les conditions normales, la vitesse de marche d'un homme est de 1,2 m/s, elle chute à 0,3 m/s dans un local enfumé lorsque la densité optique (DO) atteint 0,5. En effet les gens hésitent à pénétrer dans la fumée lorsque la visibilité est inférieure à 3 m et ont plutôt tendance à revenir en arrière pour se réfugier dans un endroit qu'ils estiment plus sûr. [15]

⁸ Céphalées : douleurs à la tête, à la périphérie ou au niveau des migraines.

⁹ Vertiges : sensation erronée de déplacement des objets environnants par rapport au corps ou inversement.

¹⁰ Narcole : Sommeil provoqué artificiellement par une substance narcotique.

Dans le domaine ferroviaire, on s'intéresse à l'obscurcissement total sur les 4 premières minutes (le VOF4 de la norme NF 16-101) et à la densité maximum atteinte. Cette notion de 4 min est le temps exigé pour arrêter un train et démarrer l'évacuation. Dans la suite de notre étude, on va prendre la valeur 7.5 m comme valeur d'acceptabilité de la visibilité. [22]

Pour résumer tout ce qui a été dit dans cette partie, notre choix s'est fixé sur les valeurs citées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Récapitulatif des choix concernant la tenabilité des personnes

Paramètres	Valeur limite
Température	40 °C
Toxicité (CO ₂)	15 000 ppm (1,5%)
visibilité	7,5 m

3.3. Position 1

C'est la position sur un wagon à l'extrémité droite, où la hauteur du plafond est la plus basse (sous la salle des billets et les locaux techniques) :

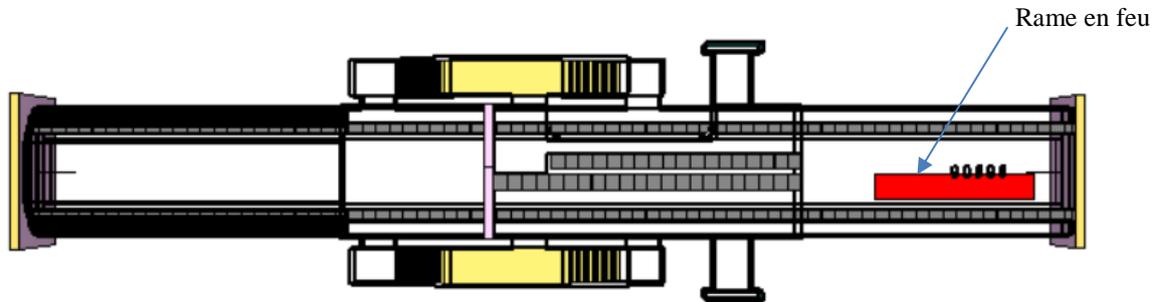
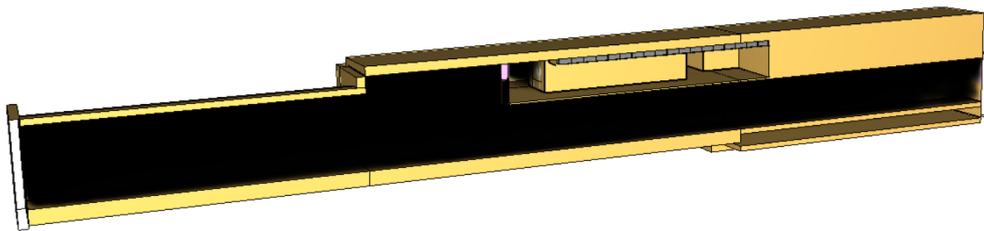
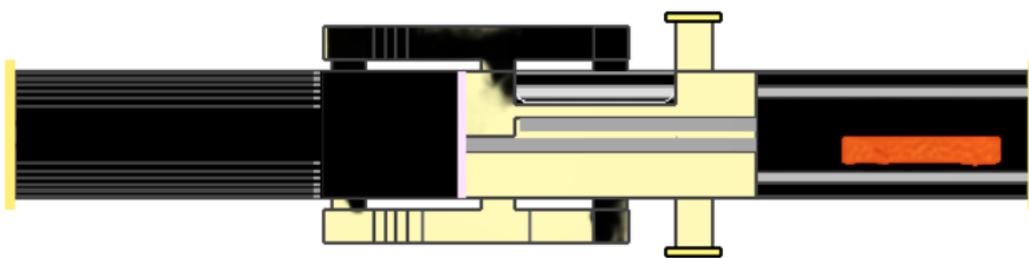


Figure 18 : première position de l'incendie (vue de haut)

En regardant les résultats de simulation globalement, on remarque qu'après 10 min le niveau des quais se remplit totalement en fumée, et que la salle des billets n'a pas été atteinte. On note pareillement que l'un des escaliers ne permet pas le passage de la fumée.



(a) Vue de coupe



(b) Vue de haut

Figure 19 : distribution de la fumée dans la station à T_0+10 min (position 1)

La fumée commence à se propager au plafond des escaliers après 60 s du début de l'incendie.

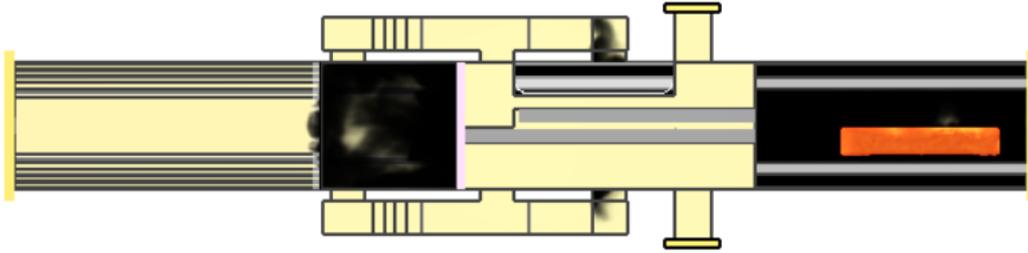


Figure 20 : vue de haut de la station à T_0+60 s (position 1)

En traçant le graphe du HRR en fonction du temps on peut voir que la puissance fluctue autour de 10 MW, qui est la valeur qu'on a imposée.

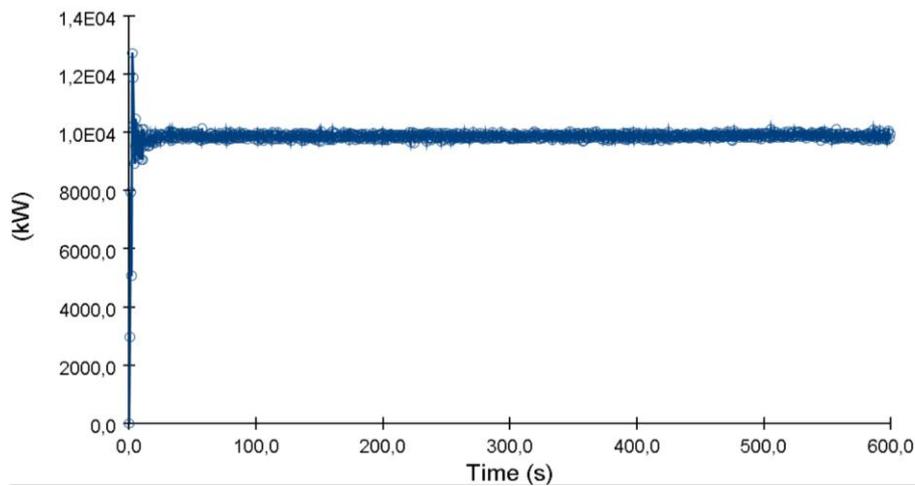


Figure 21 : graphe $HRR = f(t)$

Conclusion :

Le soufflage a été parfaitement capable d'isoler la salle des billets de la fumée pendant toutes les 10 min pour la première position de la source d'incendie.

3.3.1. Analyse des champs de température

Après 10 min de l'incendie, la salle des billets ne présente aucune hausse de température au-delà de 40°C.

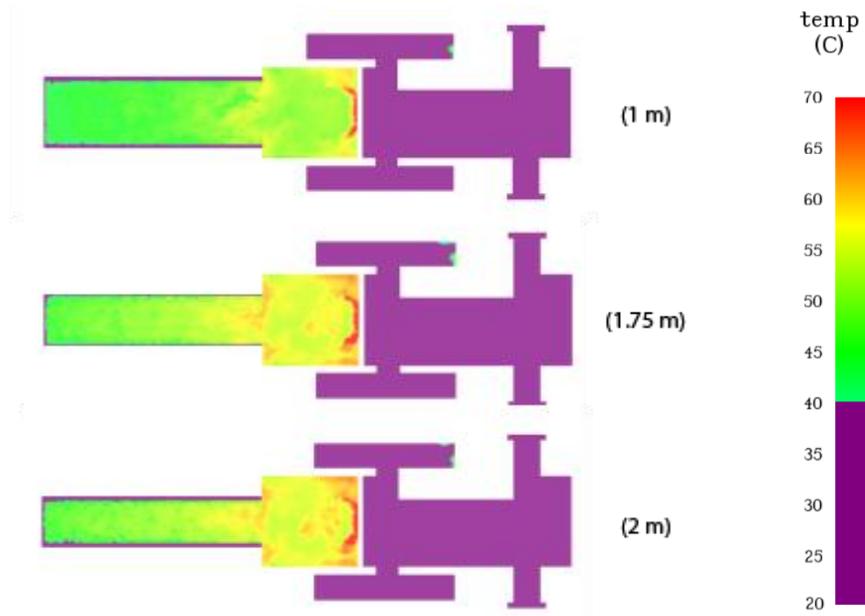


Figure 22: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)

L'escalier du quai le plus éloigné de la rame en feu subit des températures plus élevées que l'autre escalier où la fumée est restée au niveau inférieur. Toutefois, la température locale ne dépasse pas 50°C au plafond.

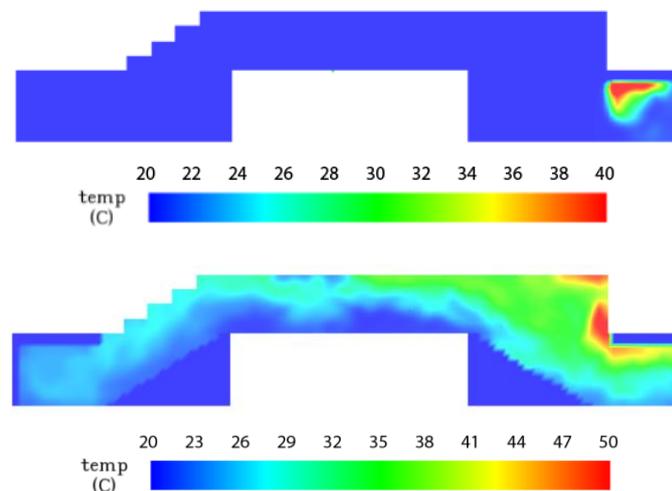


Figure 23 : Distribution de température pour les deux côtés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 1)

Dans le niveau des quais, on note qu'après 10 min la condition thermique est acceptée à 1m mais pas à 1,75 et 2m. Les personnes doivent être déjà évacuées à ce temps-là car la température près des entrées du quai aura dépassé la limite permise.

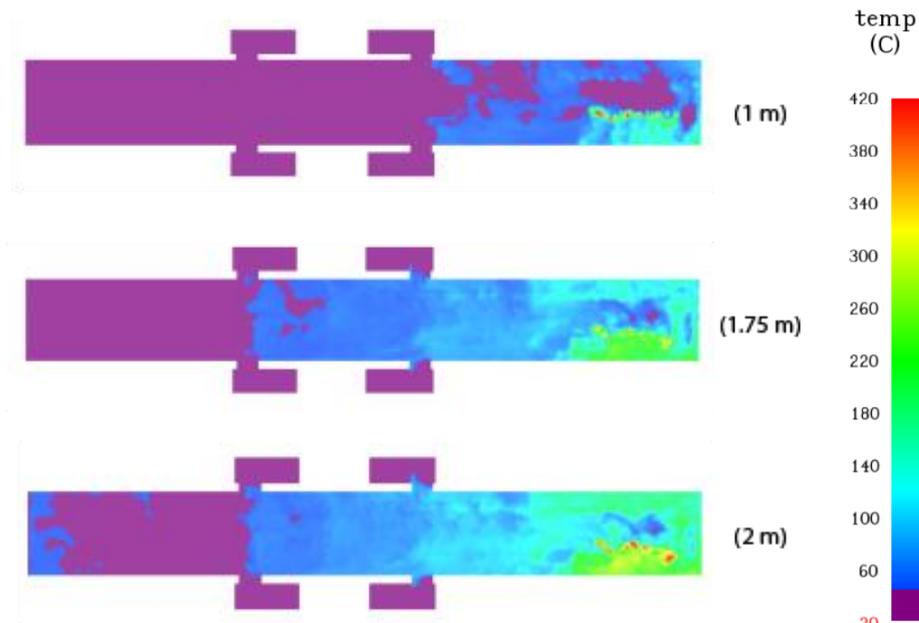


Figure 24 : La distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)

La visualisation de la distribution de température suivant le plan Y qui passe par les deux entrées les plus éloignées du feu, montre que la fumée a tendance à s'accumuler dans les zones du quai où les hauteurs sont plus élevées.

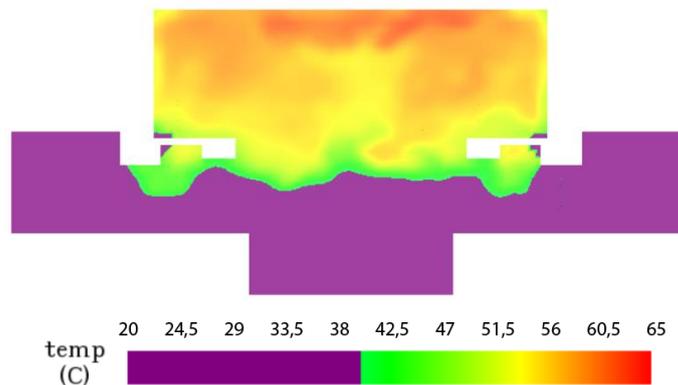


Figure 25 : distribution de température suivant le plan $Y=38$ m à T_0+10 min (position 1)

Pour donner une approximation du temps nécessaire pour totalement évacuer le niveau quai, on va étudier les thermocouples placés sur chaque entrée à une hauteur de 1m, 1.75m et 2m du sol.

D'abord, on note que la température de la fumée dans les entrées de la salle des billets à 2m du sol ne dépasse pas la valeur limite, et sachant que les fumées ont tendance à se concentrer dans les niveaux de hauteur importante, on déduit qu'à 1m et à 1,75m la température est plus basse, d'où la condition thermique sera acceptée aussi.

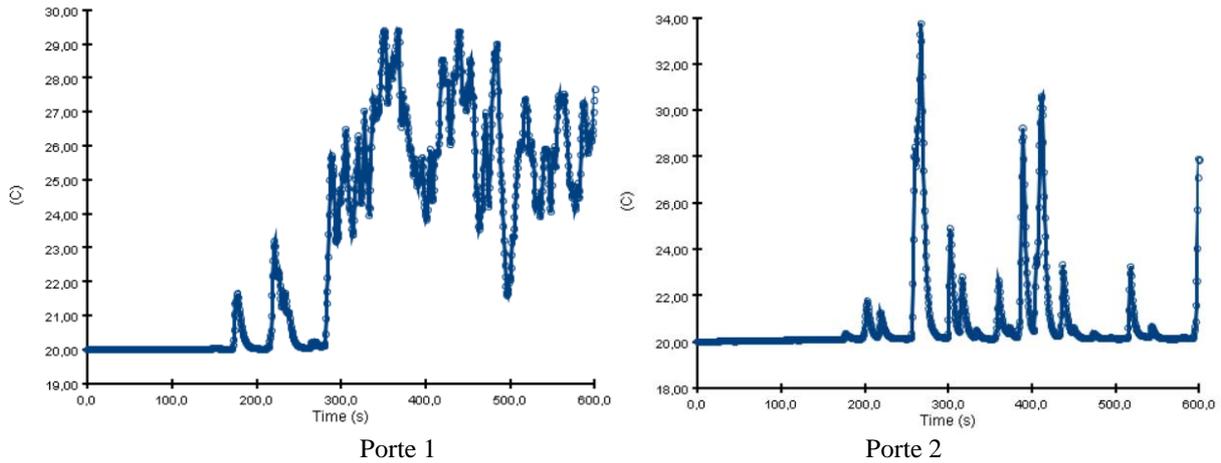


Figure 26 : thermocouples sur les entrées de la salle des billets à 2m du sol (position 1)

Pour les entrées existantes au niveau quai, suite à la figure 25, la condition thermique est justifiée à 1m du sol.

La figure 28 relative aux résultats des thermocouples placés à 1,75m du sol, démontre que la température n'excède pas 40°C dans toutes les entrées sauf l'entrée 4 où après 5 min du début de l'incendie la température commence à fluctuer entre 35 et 45°C.

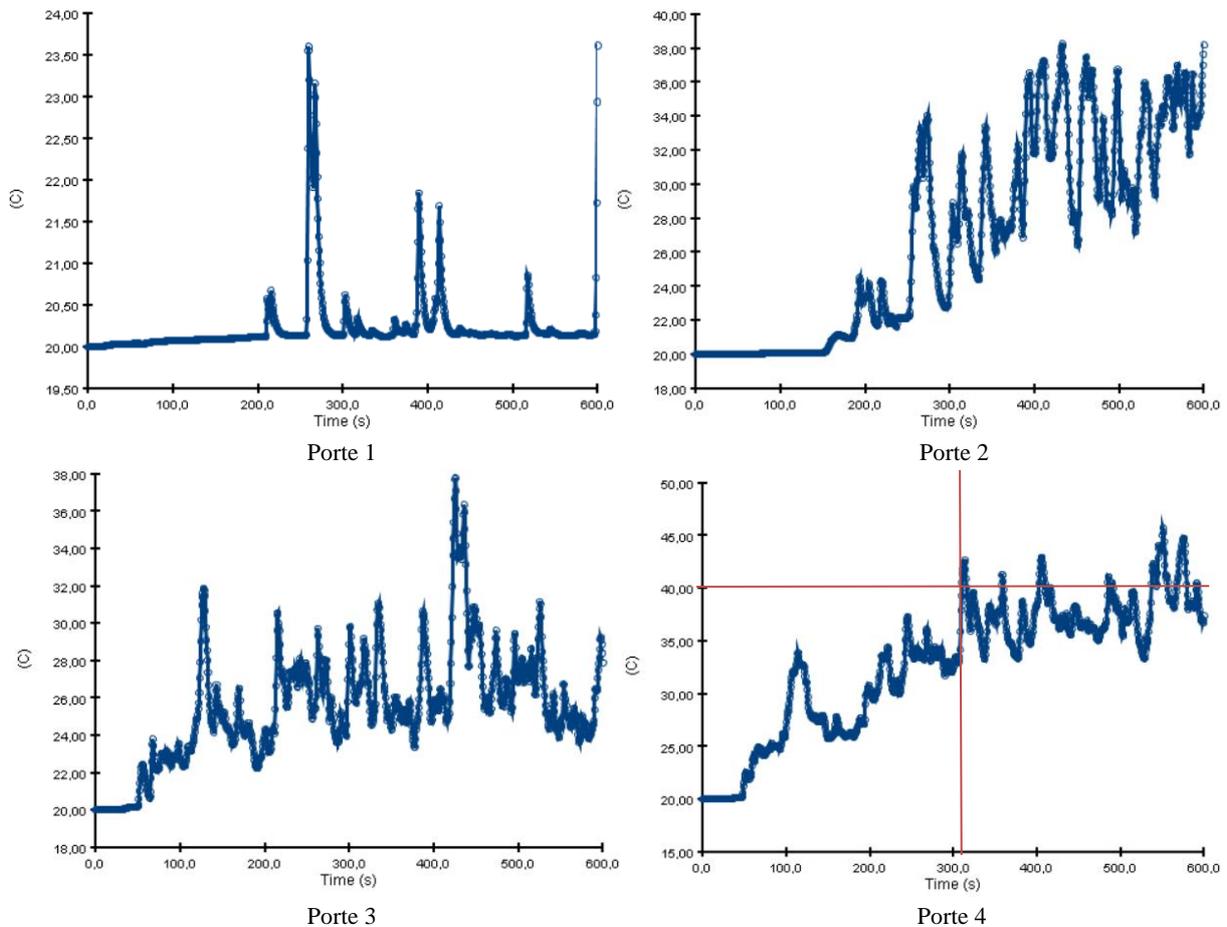


Figure 27 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 1)

À 2m du sol, la valeur limite de température a été dépassée rapidement, après 250 s (4,1 min), la valeur fluctue entre 38°C et 45°C pour l'entrée 2, et autour des 100 premières secondes on commence à avoir une augmentation indésirable pour la 3^{ème} et 4^{ème} entrée, on remarque que la température arrive jusqu'au 70°C. La température à l'entrée 1 reste inférieure à 40°C pendant toutes les 10 min.

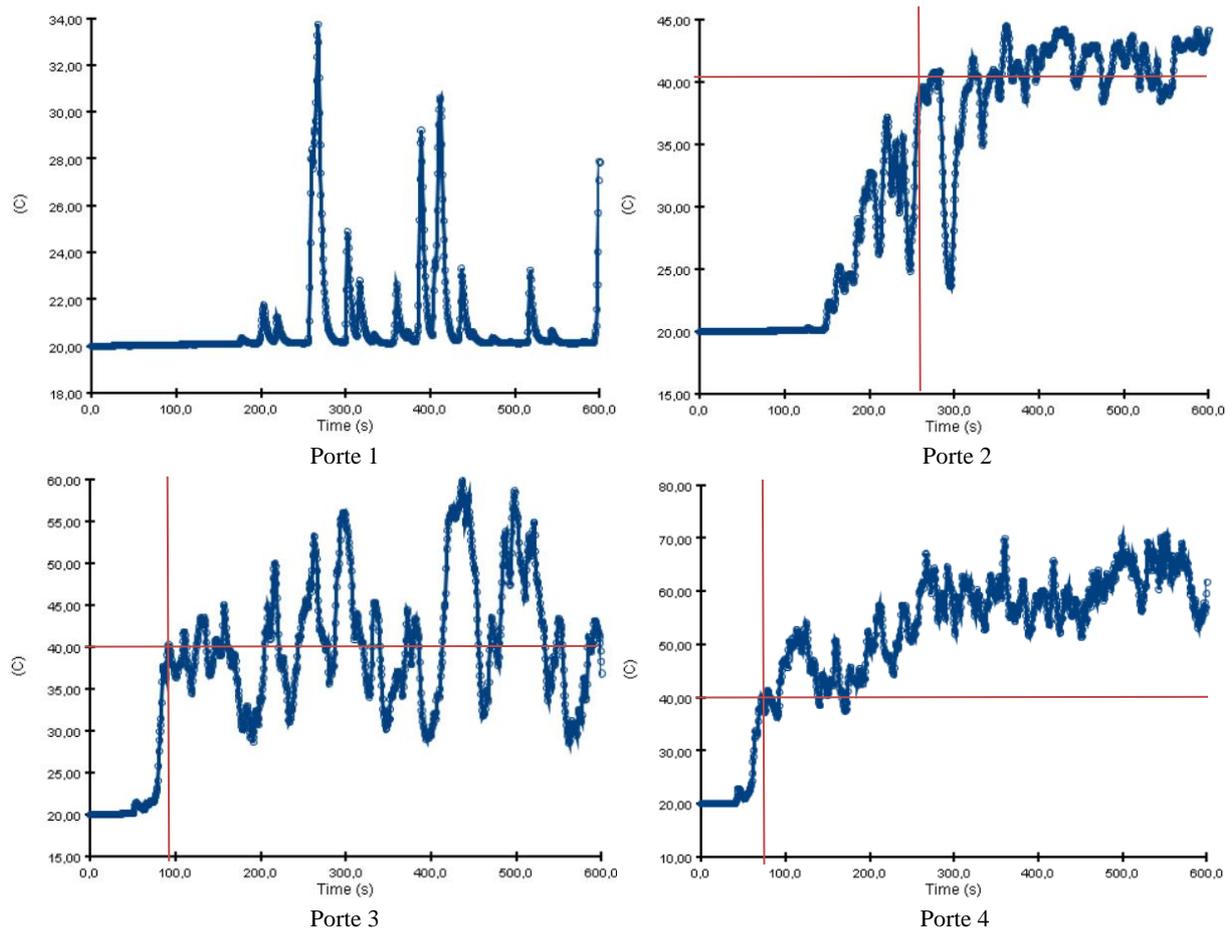


Figure 28 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 1)

Récapitulatif :

Tableau 6 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions thermiques pour la 1ère position

	N° d'entrée	Condition thermique à 1m	Condition thermique à 1,75m	Condition thermique à 2m
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	légèrement dépassée après près de 5 min
	3	acceptée	acceptée	gravement dépassée après près de 100 s
	4	acceptée	légèrement dépassée après près de 5 min	gravement dépassée après près de 100 s

Conclusion :

Étant donné que les entrées 1 et 3 sont du même côté, et l'entrée 2 et 4 se trouvent sur le côté opposé, l'évacuation peut se faire en utilisant la 1^{ère} entrée lorsque les conditions thermiques à la 3^{ème} seront insupportables, de même pour la 2^{ème} entrée qui peut être utilisée à la place de la 4^{ème}, mais cela jusqu'à 5 min après le début de l'incendie seulement.

On trouve finalement qu'un coté du quai pourra être évacué sans aucun risque thermique pendant 10 min, mais les gens sur le côté opposé peuvent être en danger après 5 min de l'incendie.

3.3.2. Analyse de toxicité

Après 10 min de l'incendie, la fraction volumique du CO₂ dans la salle des billets et dans les deux escaliers ne présente aucune hausse au-delà de la valeur limite choisie (1,5%).

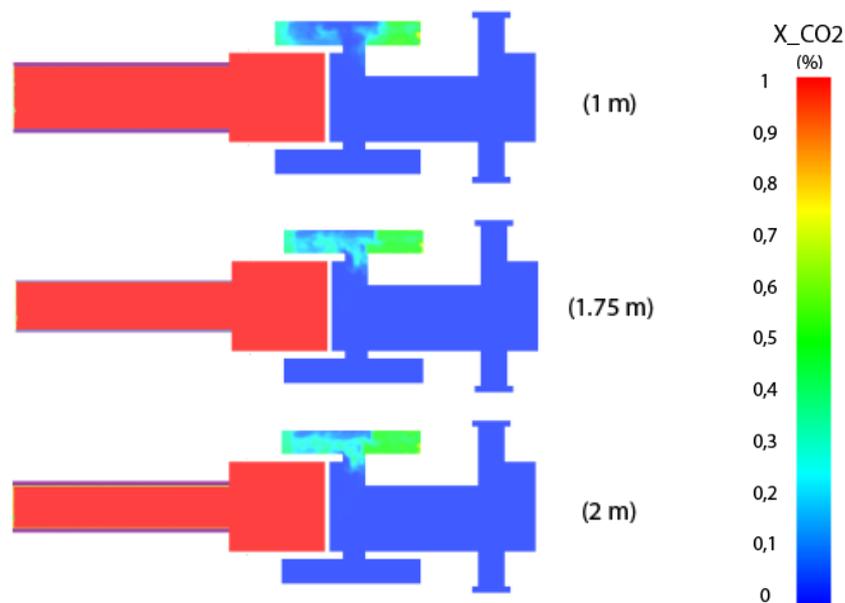


Figure 29 : La fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans la salle des billets à Z = 1, 1.75, 2 m (position 1)

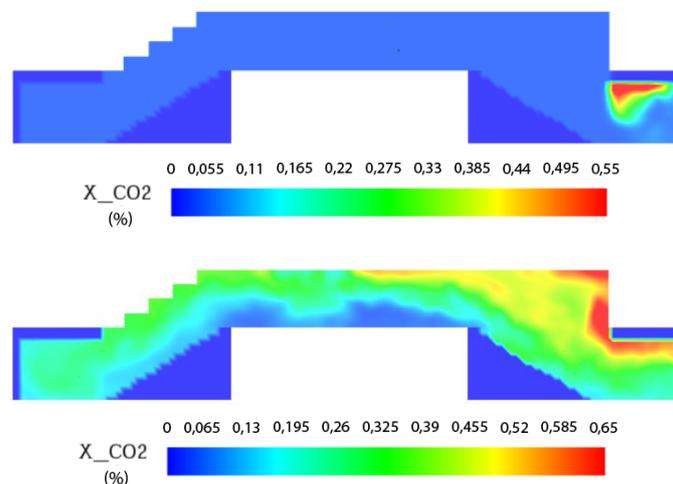


Figure 30 : La fraction volumique du CO₂ pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T₀+10 min (position 1)

Dans le niveau des quais, on note que la condition de toxicité est acceptée à 1m, 1,75 et 2m.

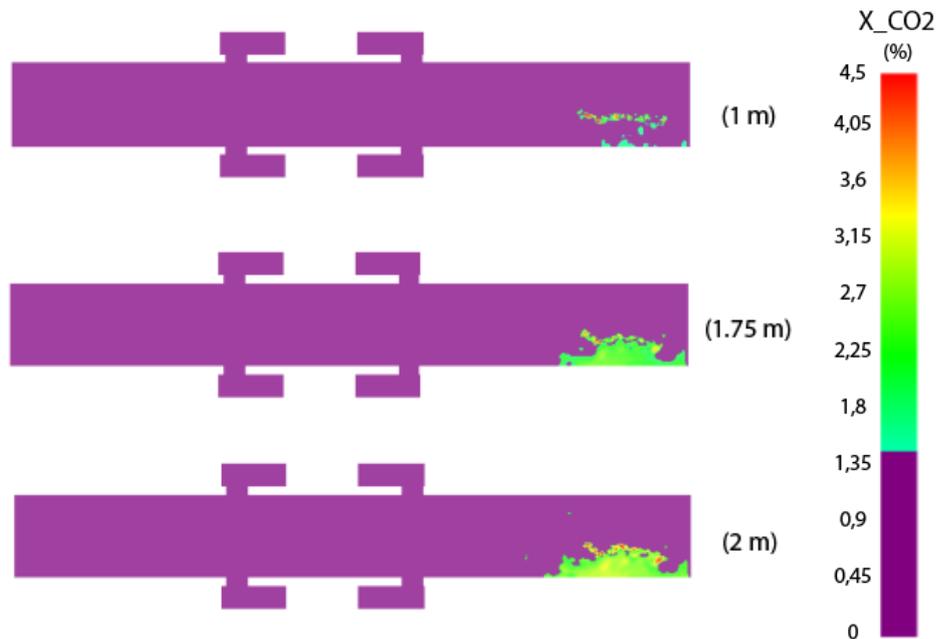


Figure 31 : La fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans le niveau des quais à Z = 1, 1.75, 2 m (position 1)

Conclusion :

La condition de toxicité a été vérifiée dans la salle des billets, les escaliers et les 3 plans étudiés du niveau quai, cela est dû en grande partie à la hauteur importante existante au niveau quai. En effet, sa géométrie permet d’accumuler les fumées et les condenser à un niveau supérieur de la hauteur moyenne d’une personne. Cette faible densité de fumée favorise la non toxicité de l’air. De plus l’endroit de déclenchement de l’incendie est directement sous les bouches d’extraction, ce qui permet d’extraire les fumées plus rapidement.

3.3.3. Analyse de visibilité

La visibilité sera étudiée sur les 4 premières minutes, la valeur limite choisie est de 7,5 m, c’est-à-dire que toute valeur supérieur à 7,5 m sera acceptée.

On a vu précédemment que la fumée n’accède pas à la salle des billets, d’où la déduction que la visibilité ne sera pas affectée pendant les 10 min de simulation. Ceci est vérifié par la figure 33, dont la visibilité à la salle des billets est supérieure à 7,5 m.

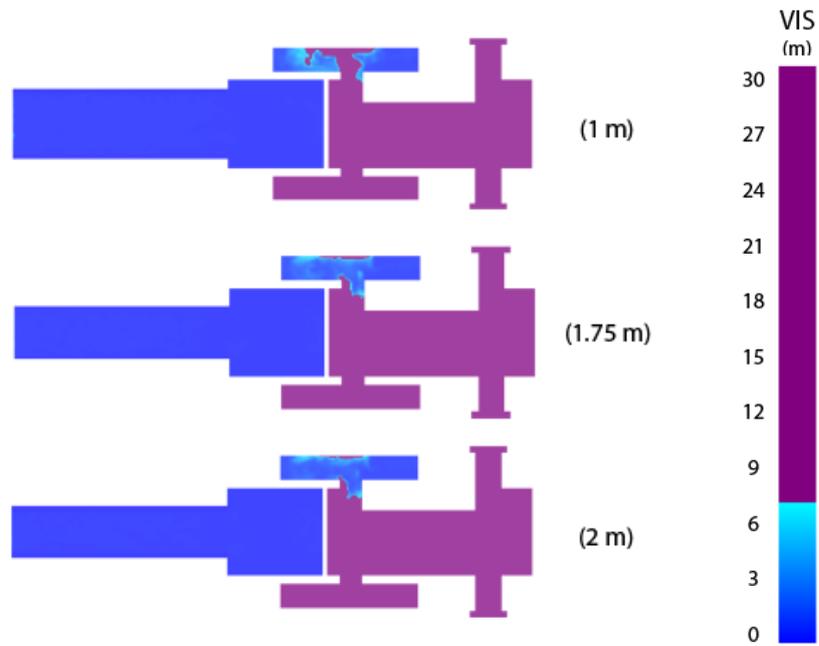


Figure 32 : La visibilité à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 1)

Pour le niveau des quais et les escaliers, on ne va s'intéresser qu'aux premières 4 minutes après l'incendie. Dans l'un des escaliers la condition de visibilité est respectée, c'est l'escalier qui se trouve sur le quai opposé à la rame en feu (celle où la fumée ne monte pas). L'autre escalier a quelques parties à visibilité respectée. L'analyse basée seulement sur le graphe de couleurs est insuffisante dans ce cas, une étude des graphes de visibilité en fonction du temps liée aux entrées qui débouchent sur ces escaliers sera nécessaire pour plus de détails, il s'agit des entrées 2 dans la salle des billets et 2 et 4 au niveau des quais.

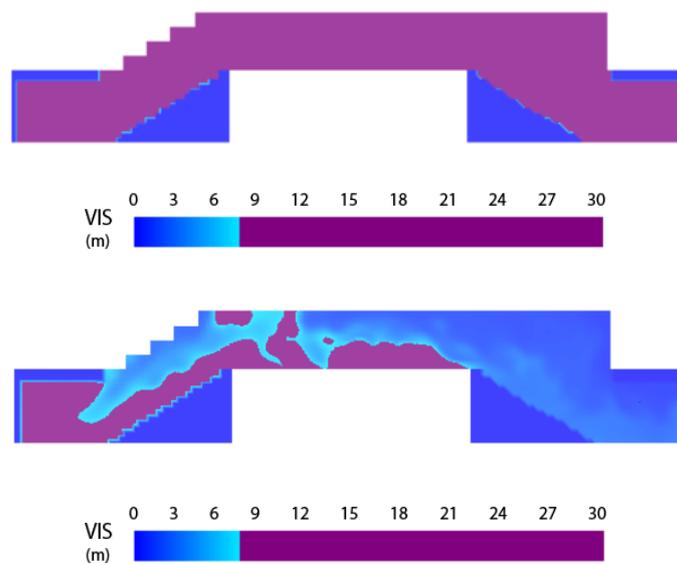


Figure 33 : La visibilité pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à $T_0+ 4$ min (position 1)

L'analyse du graphe de l'entrée 2 niveau salle des billets montre que la valeur de la visibilité est acceptable pour les 4 premières minutes, par la suite, elle commence à fluctuer autour de la valeur limite. Cette fluctuation veut dire que la personne va totalement perdre la visibilité pour quelques secondes puis la récupérer puis la reperdre encore une fois répétitivement, cette coupure de vision ne va pas empêcher les personnes de connaître leurs directions, pour cela, les fluctuations autour de 7,5 m seront acceptées dans notre étude.

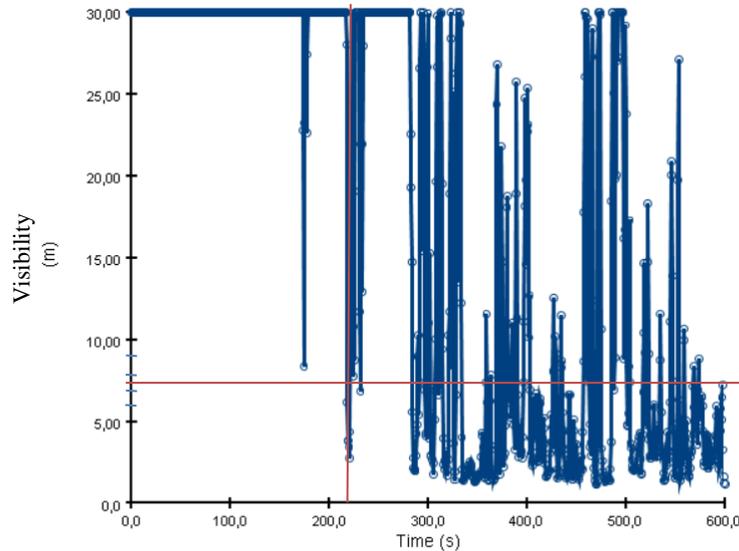


Figure 34 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 2 niveau salle des billets (position 1)

Pour l'entrée 2 au niveau des quais, le graphe peut être divisé en 3 parties, la première du 0 à environ 190 s les conditions de visibilité sont acceptées, ensuite entre 190 et 240 s on remarque une fluctuation autour de la valeur limite, et la partie finale entre 240 et 600 s, la valeur limite est fortement dépassée.

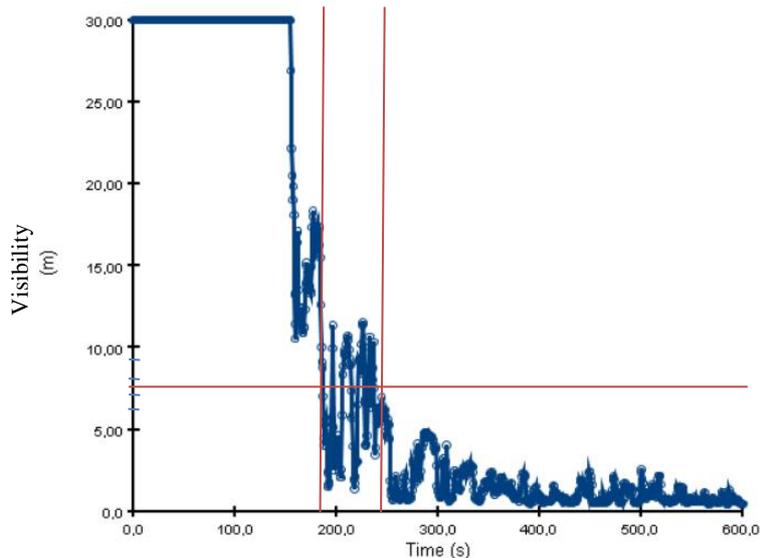


Figure 35 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 2 niveau des quais (position 1)

Pour l'entrée 4, la visibilité devient inacceptable après 170 s du début de l'incendie (environ 2,8 min).

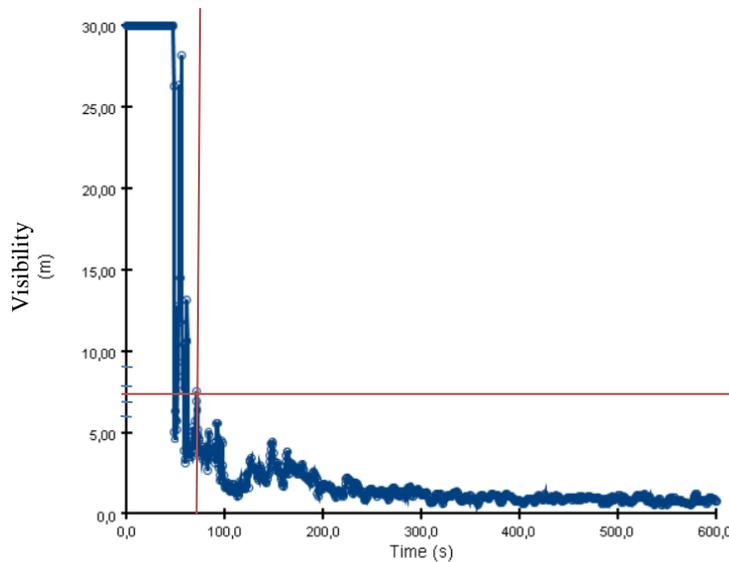


Figure 36 : Graphe de visibilité en fonction du temps pour l'entrée 4 niveau des quais (position 1)

Récapitulatif :

Tableau 7 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 1ère position

	N° d'entrée	Condition de visibilité à 1,75 m	
		Avant 4 min	Après 4 min
Salle des billets	1	acceptée	
	2	acceptée	Fluctuations autour de la valeur limite
Niveau des quais	1	acceptée	
	2	acceptée	gravement dépassée
	3	acceptée	
	4	gravement dépassée	

Conclusion :

On trouve finalement qu'un côté du quai pourra être évacué sans aucun problème lié à la visibilité pendant toutes les 10 min étudiées, mais dans le côté opposé les gens ne peuvent visualiser qu'une seule entrée après 2.8 min du début de l'incendie, c'est l'entrée la plus éloignée du feu.

3.3.4. Récapitulatif des résultats pour la position 1 :

Les résultats de la première simulation montrent que c'est les entrées les plus proches du feu qui subissent plus de dangers liés à l'absence de la visibilité et la haute température qui ne peut pas être supportée par les personnes essayant de fuir vers la salle des billets, cela

n'empêche pas l'évacuation en utilisant les deux autres entrées les plus éloignées de la rame en feu, car ils gardent des conditions acceptables pendant toutes les 10 min de la simulation.

Tableau 8 : Récapitulatif des résultats pour la première position

	N° d'entrée	Condition thermique	Condition de toxicité	Condition de visibilité
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	accepté
	3	légèrement dépassée	acceptée	accepté
	4	gravement dépassée	acceptée	gravement dépassée

3.4. Position 2

C'est la position sur un wagon au milieu :

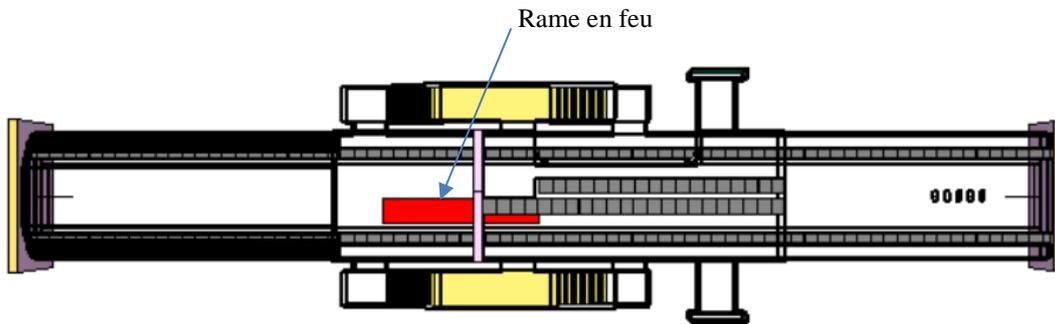
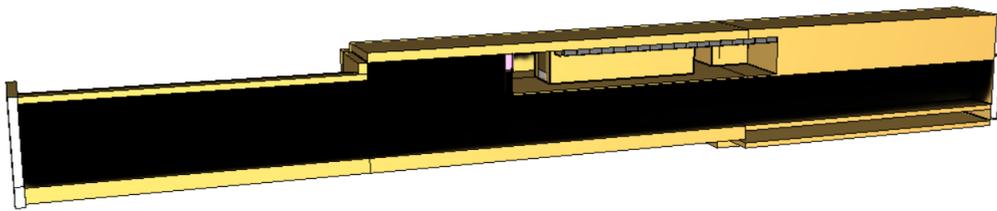
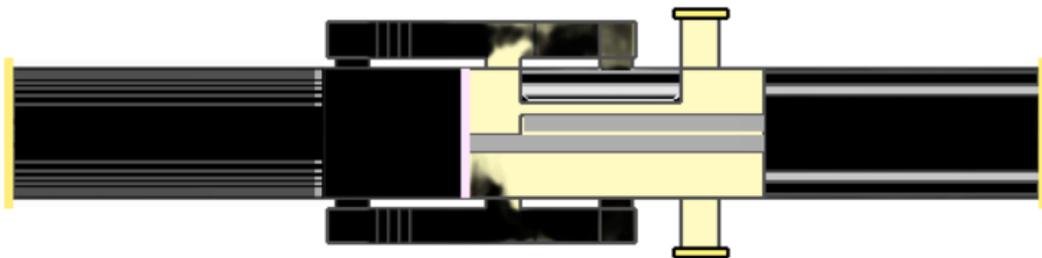


Figure 37: deuxième position de l'incendie (vue de haut)

Après 10 min, le niveau des quais se remplit totalement en fumée, alors que la salle des billets n'a pas été vraiment atteinte.



(a) Vue de coupe



(b) Vue de haut

Figure 38 : distribution de la fumée dans la station à T_0+10 min (position 2)

La migration de la fumée ne se fait pas symétriquement au niveau quai. Quelques secondes après le déclenchement du feu, la fumée se propage plus rapidement dans les zones à faible hauteur, cela est dû aux bouches d'extraction existantes à ce niveau-là. Cette dissymétrie se distingue dans la figure 45 (a) et (b).

La fumée commence à se propager au plafond des escaliers après 35 s du début de l'incendie (voir figure 45 (c)). Le premier escalier, qui se trouve sur le même quai que la rame en feu, se remplit totalement de fumée après 132s, tandis que le deuxième escalier garde une partie sans fumée jusqu'à 20 s avant la fin de la simulation.

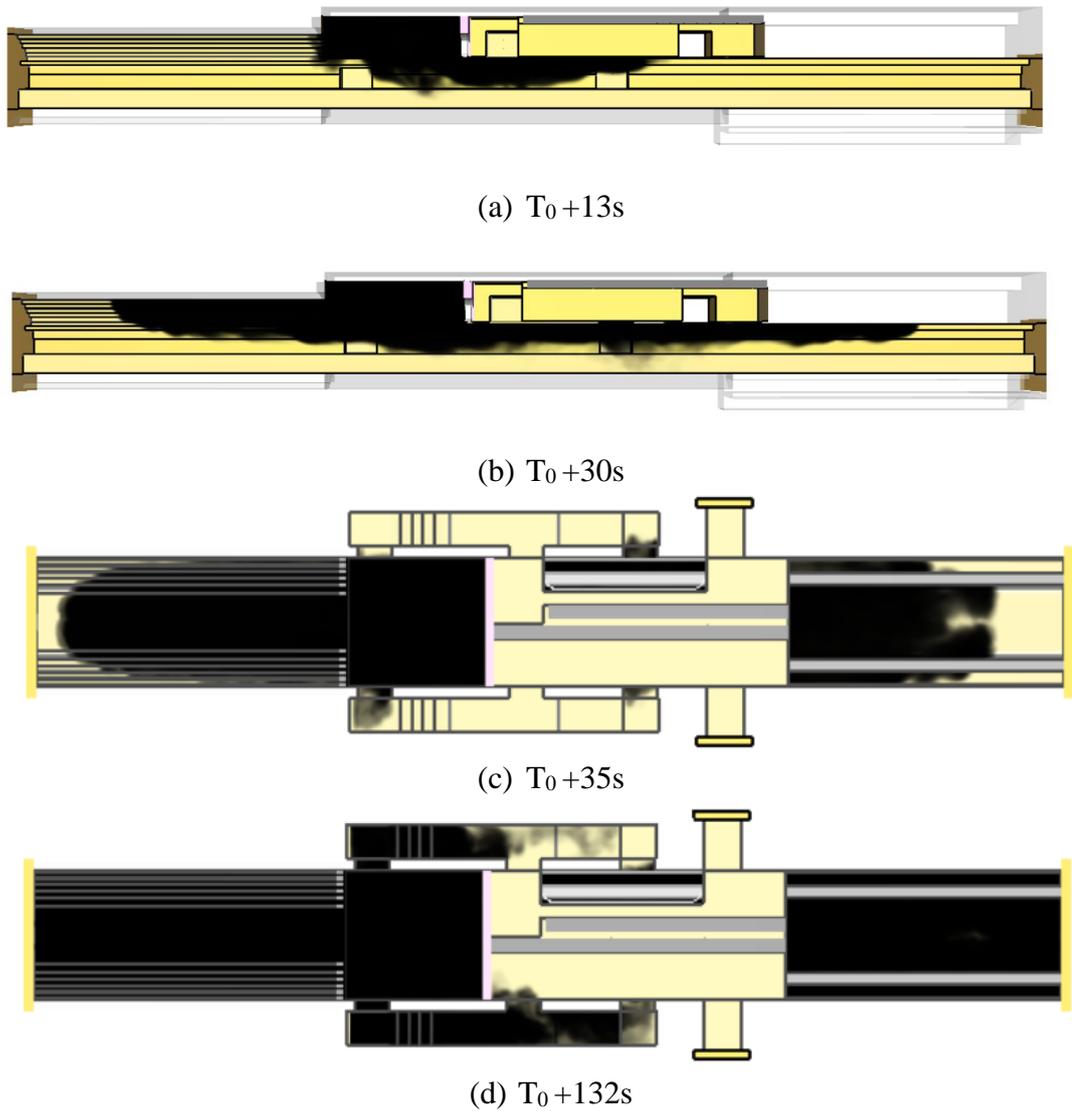


Figure 39 : propagation de la fumée (position 2)

Conclusion :

Le soufflage a été parfaitement capable d'isoler la salle des billets de la fumée pendant toutes les 10 min de simulation pour la deuxième position imposée, mais le niveau quai et les escaliers se sont rapidement remplis de fumée.

3.4.1. Analyse des champs de température

Après 10 min de l'incendie, la salle des billets ne présente aucune hausse de température au-delà de 40°C.

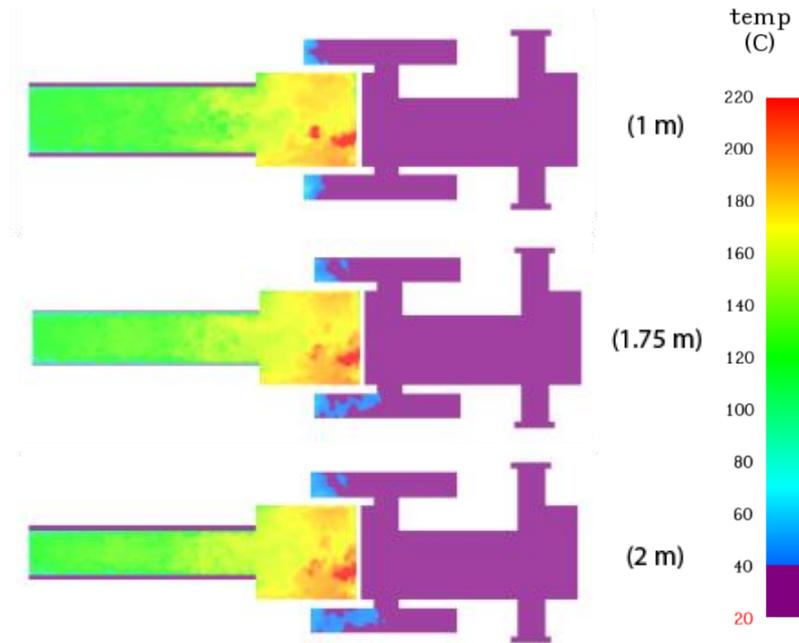


Figure 40: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)

On remarque que les deux escaliers présentent une hausse sensible de température au plafond, l'escalier du côté de la rame en feu arrive à un maximum de 95°C , tandis que l'escalier d'accès à l'autre quai ne dépasse pas 70°C localement.

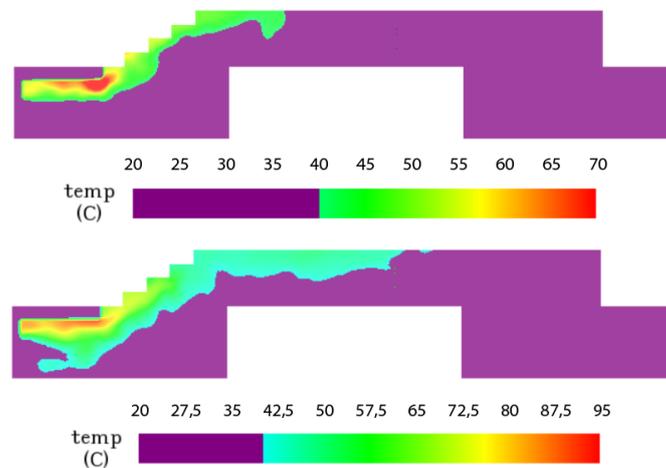


Figure 41 : Distribution de température pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 2)

Dans le niveau des quais, on note qu'après 10 min la condition thermique n'est pas acceptée sur tous les plans étudiés.

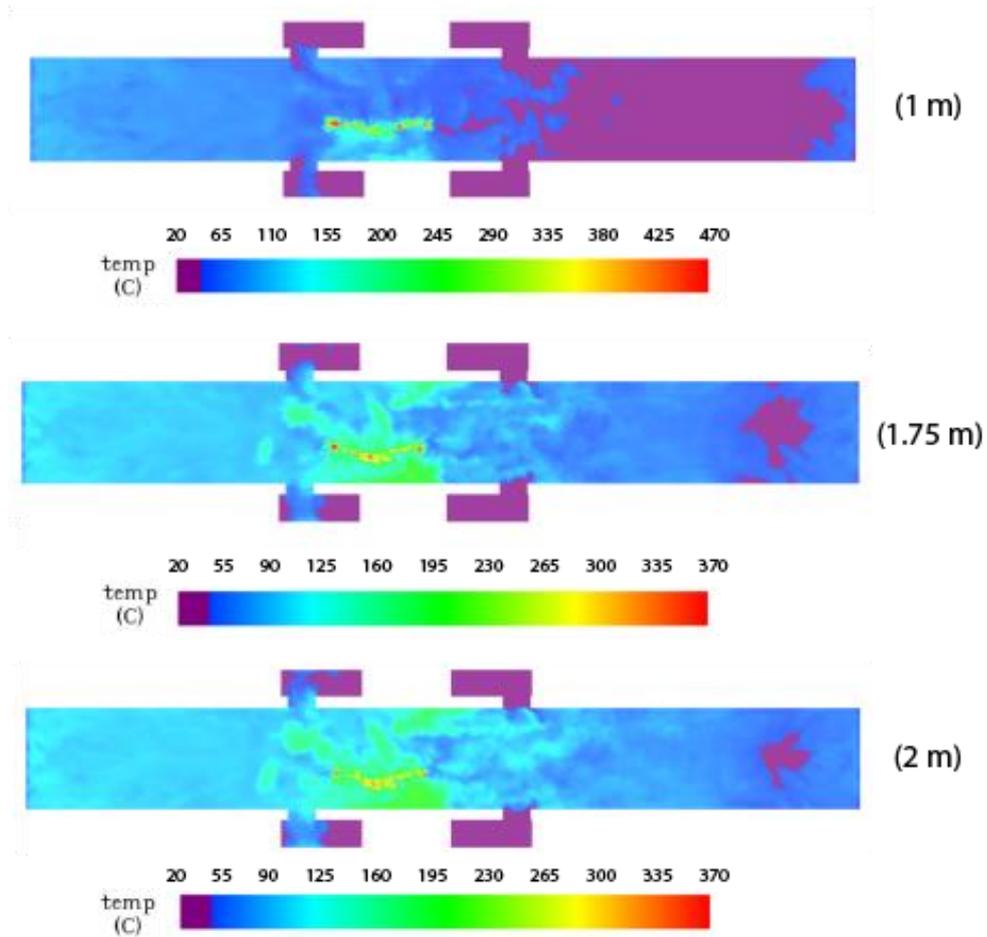


Figure 42: Distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)

Pour donner une approximation du temps nécessaire pour totalement évacuer le niveau quai, on va étudier les thermocouples placés sur chaque entrée à une hauteur de 1m, 1.75m et 2m du sol.

Les résultats des thermocouples placés à 1m du sol, démontrent que la température excède 40°C autour des entrées 1 et 2 après environ 2 min du début de l'incendie, la valeur maximale mesurée est de 65°C , tandis que pour les entrées 3 et 4 la température reste inférieur à la limite imposée pendant toute la simulation.

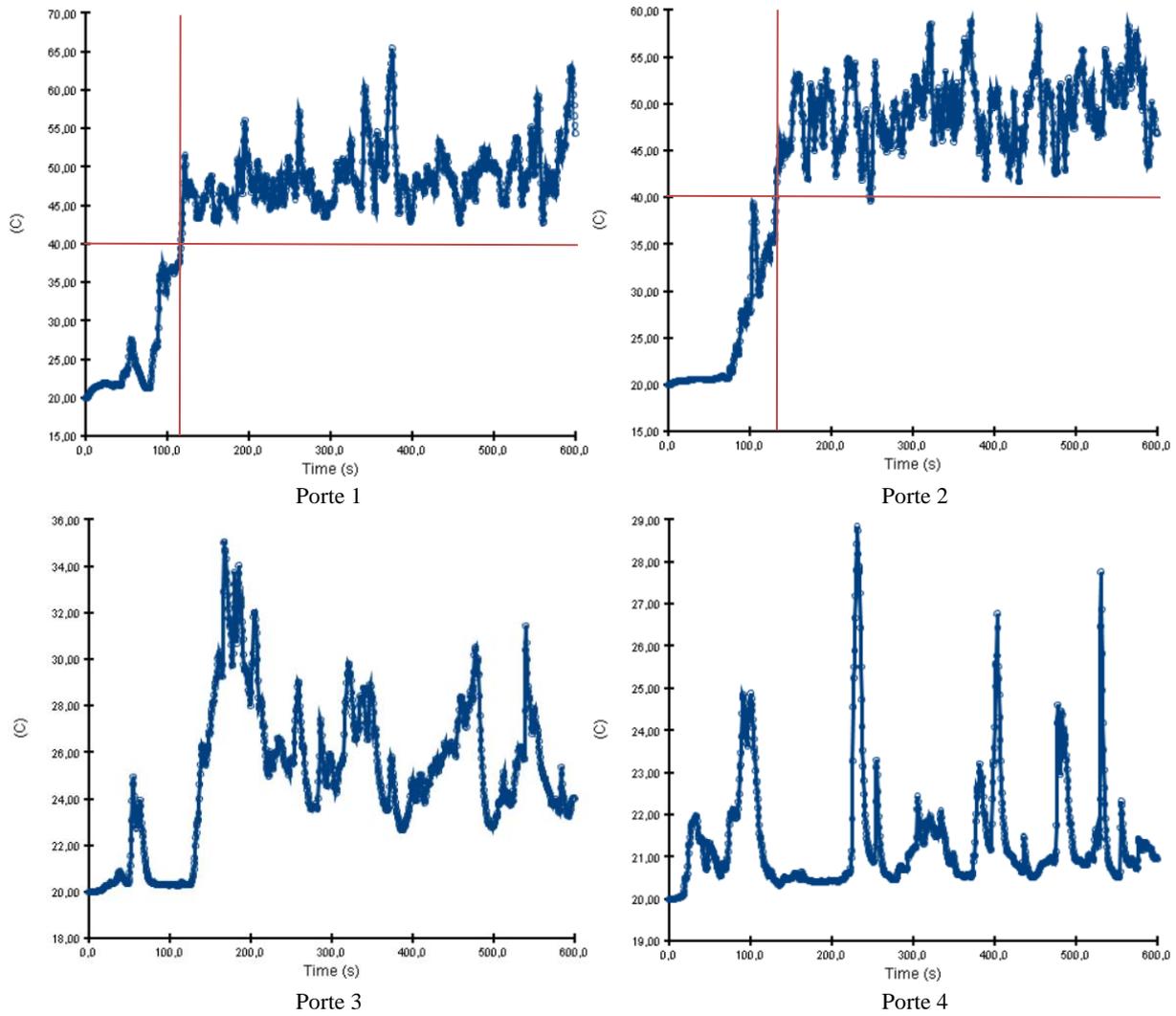


Figure 43 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1m du sol (position 2)

A 1,75m du sol, après environ 80s, la température dépasse la valeur limite pour les entrées 1 et 2, elle atteint jusqu'à 105°C, pour la 3^{ème} entrée, un pic de 42°C apparaît après 180s, il ne représente pas un danger car il dure que quelques secondes, et l'écart avec la valeur limite (40°C) est négligeable. L'entrée 4 ne présente aucune augmentation de température indésirable pendant toute la durée de simulation.

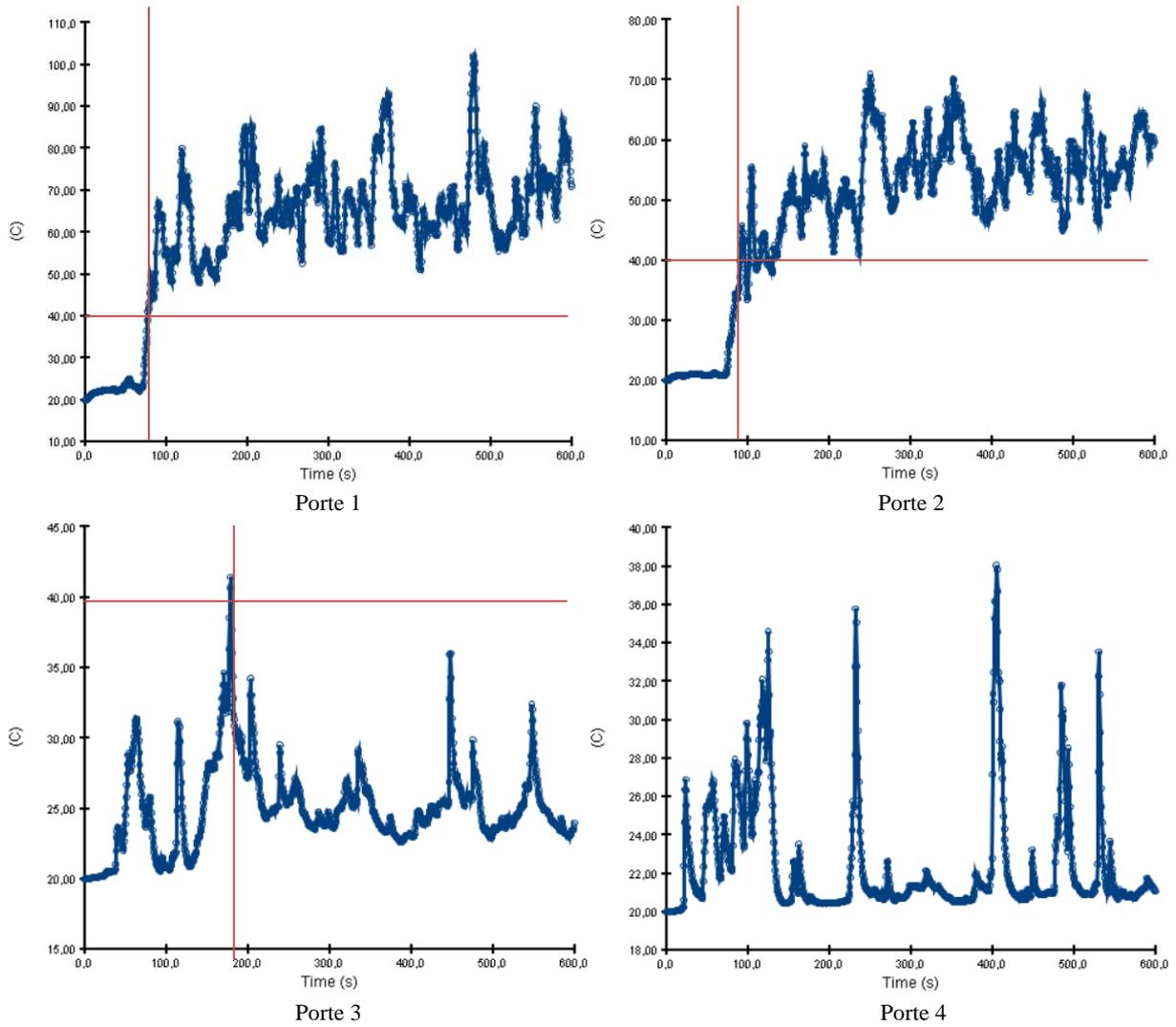
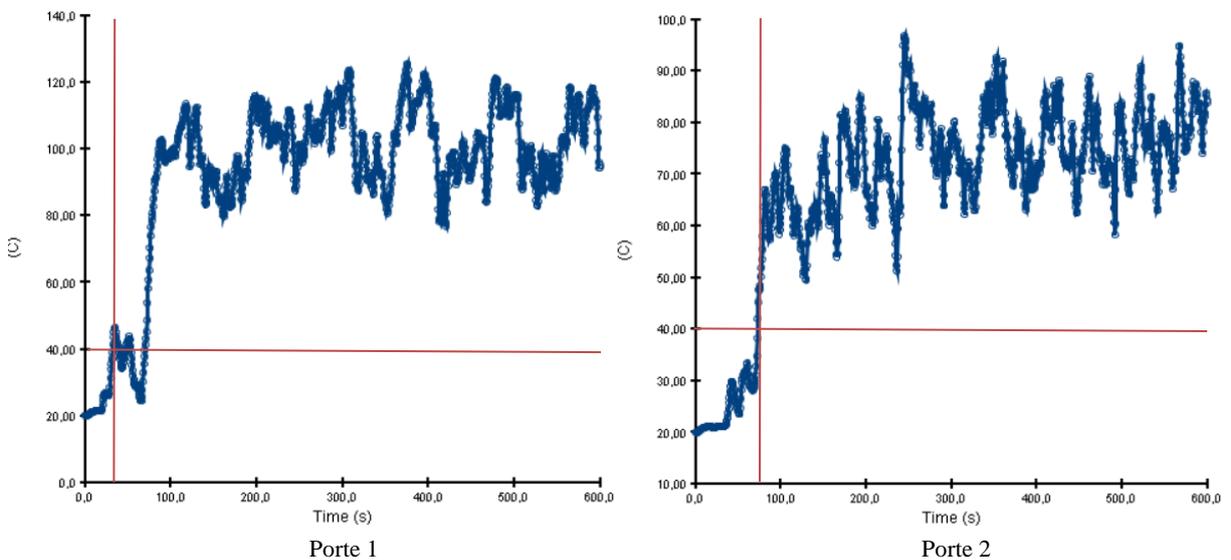


Figure 44 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 2)

A 2m du sol, et après 2 min, les quatre entrées dépassent 40°C, les risques sont moins pour les entrées 3 et 4, grâce à la fluctuation qui redescend la température à des valeurs acceptables la plupart du temps.



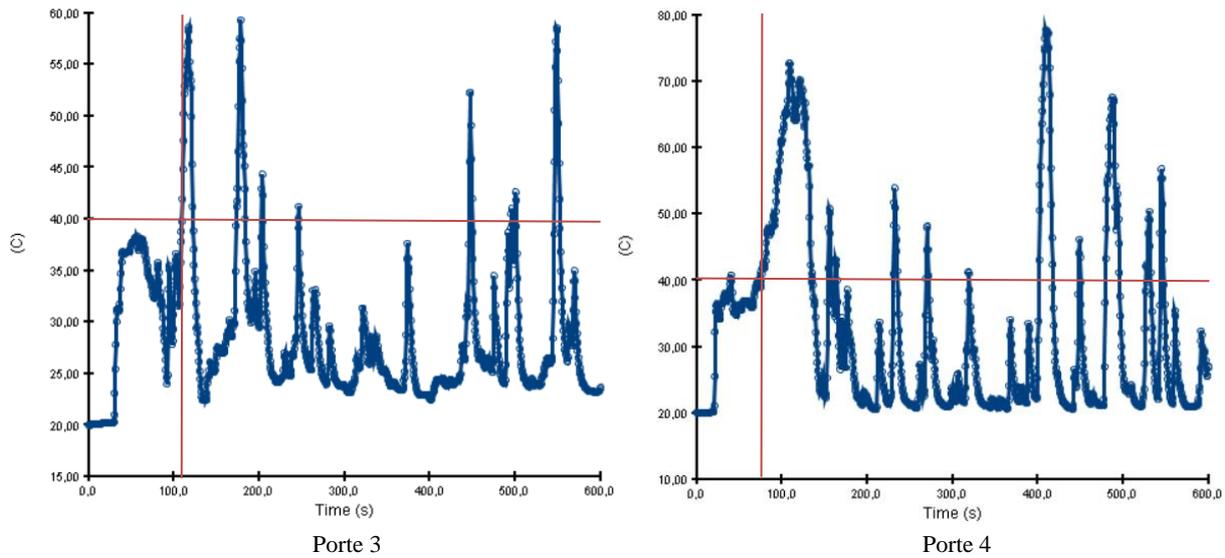


Figure 45 : Thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 2)

Récapitulatif :

Tableau 9 : Récapitulatif des résultats de l’analyse des conditions thermiques pour la 2ème position

	N° d’entrée	Condition thermique à 1m	Condition thermique à 1,75m	Condition thermique à 2m
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	gravement dépassée après environ 2 min	gravement dépassée après environ 80s	gravement dépassée après environ 20s
	2	gravement dépassée après environ 2 min	gravement dépassée après environ 80s	gravement dépassée après environ 80s
	3	acceptée	acceptée	légèrement dépassée
	4	acceptée	acceptée	légèrement dépassée

Conclusion :

La salle des billets ne présente aucun danger thermique, contrairement au niveau quai, où les deux entrées existantes dans la zone des quais à hauteur importante sont totalement inaccessibles, tandis que les deux autres entrées présentent moins de danger d’où la possibilité d’évacuation.

3.4.2. Analyse de toxicité

Après 10 min de l’incendie, la fraction volumique du CO₂ dans la salle des billets ne présente aucune hausse au-delà de la valeur limite choisie (1,5%).

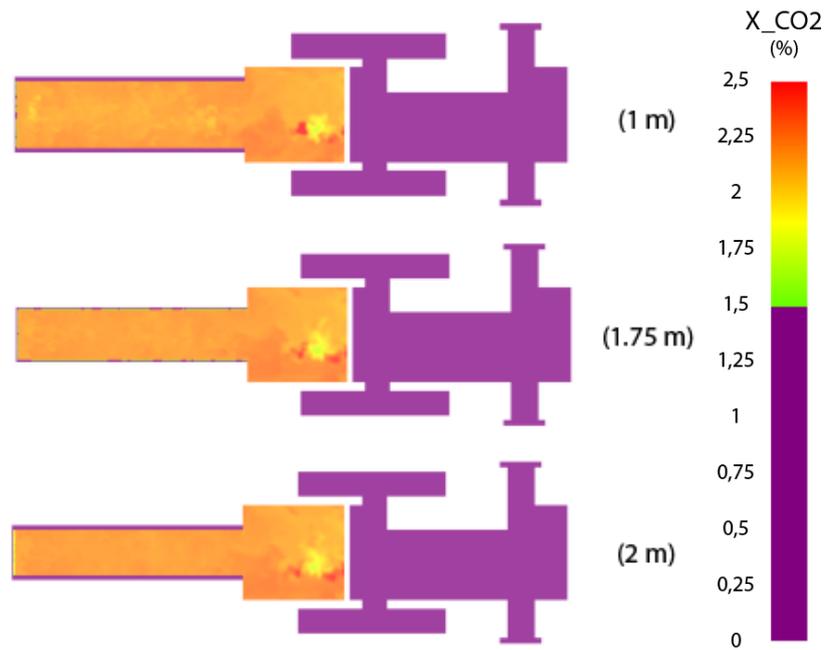


Figure 46 : Distribution de la fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans la salle des billets à Z = 1, 1.75, 2 m (position 2)

Pour les escaliers, l'escalier le plus proche du métro en feu présente dans le plafond de l'une de ses entrées une fraction volumétrique du CO₂ supérieur à la valeur limite imposée. L'autre escalier garde des valeurs acceptables partout.

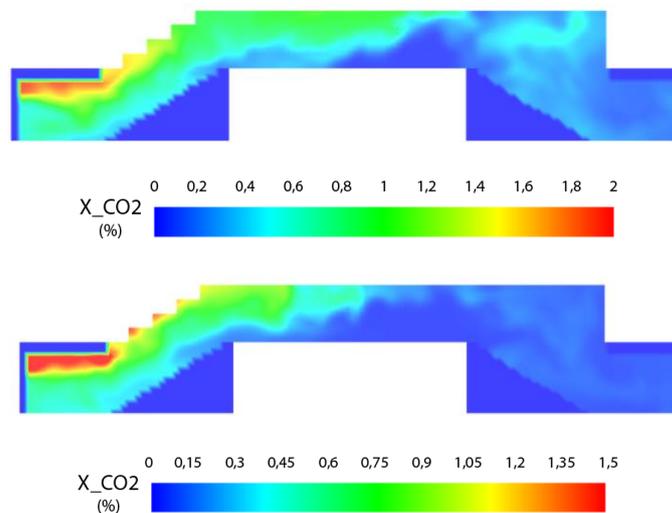


Figure 47 : Distribution de la fraction volumique du CO₂ pour les deux côtés des escaliers sur des plans suivant x à T₀+10 min (position 2)

Au niveau des quais, la zone de hauteur importante est exposée à un grand risque de toxicité sur les trois plans étudiés, tandis que dans l'autre zone la valeur limite n'a pas été dépassée. Autrement dit, les entrées 1 et 2 du niveau quai sont sujet à une toxicité élevée, contrairement aux entrées 3 et 4. Le plan à 1m montre que toutes les entrées sont en sécurité, on ne peut rien dire concernant les plans à 1,75m et 2m, d'où la nécessité d'étudier les appareils de mesure de toxicité placés à ces niveaux là pour les entrées 1 et 2.

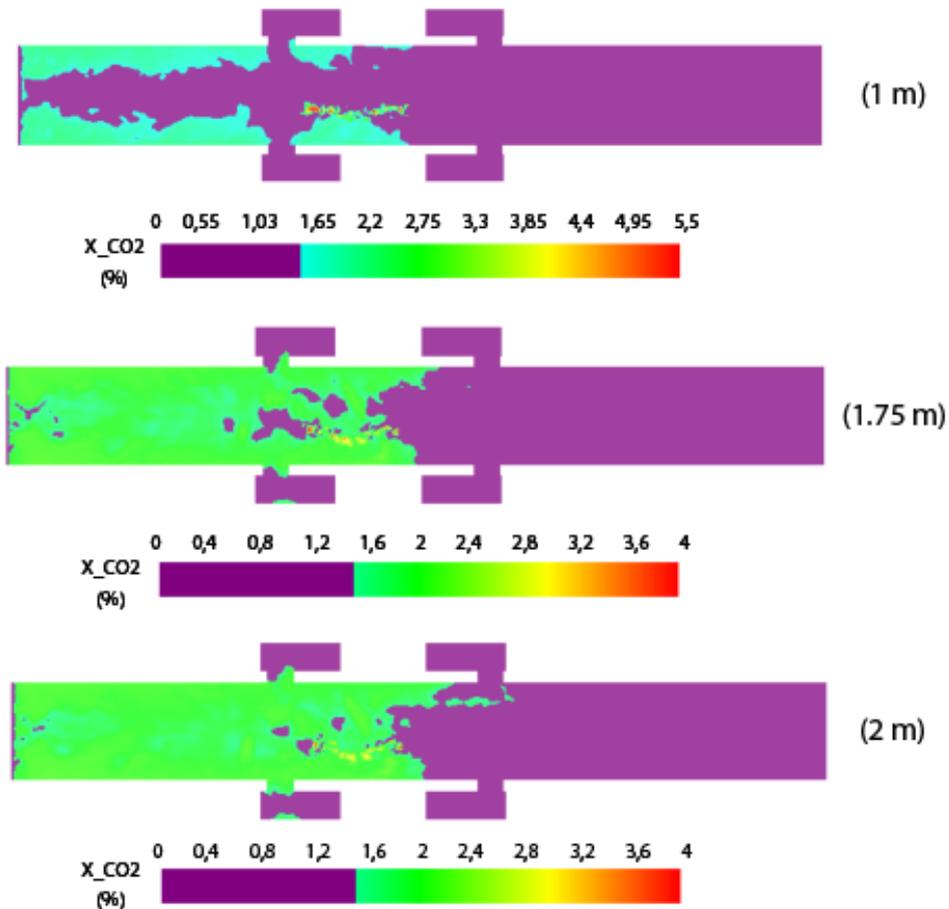


Figure 48 : Distribution de la fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans le niveau des quais à Z = 1, 1.75, 2 m (position 2)

À 1,75 m, la valeur limite pour la fraction volumique du CO₂ a été dépassé après 200s pour l'entrée 1 et après 350 s pour l'entrée 2. Malgré que l'écart entre les valeurs mesurées et la valeur limite est relativement faible, on ne peut pas tolérer un tel dépassement, car n'importe quelle inhalation de fumée d'une quantité plus que la limite imposée conduira à des risques irréversibles sur la santé de l'individu.

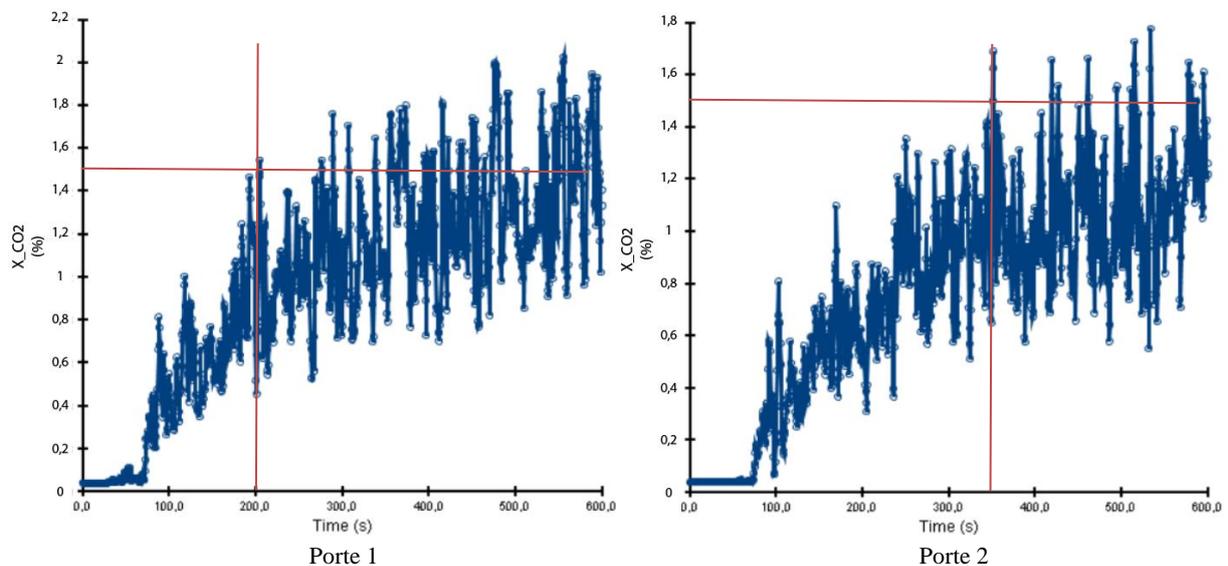


Figure 49 : Toxicité à 1,75m du sol pour les entrées 1 et 2 niveau quai (position 2)

A 2 m, les mesures sur les entrées 1 et 2 ont dépassé la limite de toxicité après 190s et 240s respectivement.

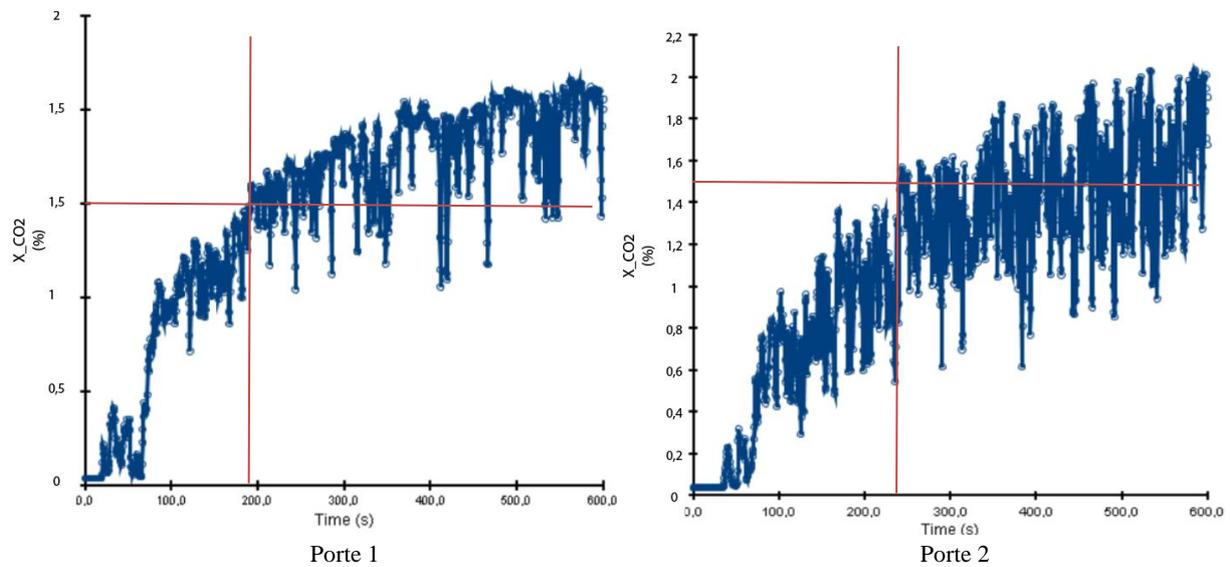


Figure 50 : Toxicité à 2m du sol pour les entrées 1 et 2 niveau quai (position 2)

Récapitulatif :

Tableau 10 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de toxicité pour la 2ème position

	N° d'entrée	Condition de toxicité à 1m	Condition de toxicité à 1,75m	Condition de toxicité à 2m
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	acceptée	dépassé après 200 s	gravement dépassé après 190 s
	2	acceptée	Légèrement dépassée après 350 s	gravement dépassée après 240 s
	3	acceptée	acceptée	acceptée
	4	acceptée	acceptée	acceptée

Conclusion :

La condition de toxicité a été vérifiée dans la salle des billets. Pour le niveau quai, après environ 3 min du début de l'incendie, des risques liés à la toxicité peuvent se présenter à des hauteurs supérieures à 1,75m autour des entrées 1 et 2.

3.4.3. Analyse de visibilité

La visibilité sera étudiée sur les 4 premières minutes, la valeur limite choisie est de 7,5 m, c'est-à-dire que toute valeur supérieure à 7,5 m sera acceptée.

La visibilité dans la salle des billets est acceptable pendant toute la simulation, c'est un résultat attendu car la fumée n'a pas atteint cette zone.

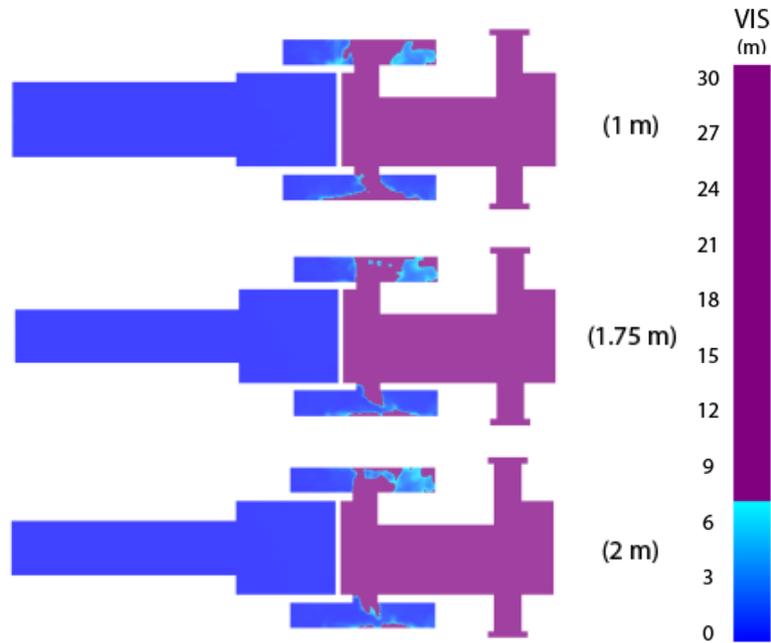


Figure 51 : La visibilité à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 2)

Pour le niveau des quais et les escaliers, on ne va s'intéresser qu'aux premières 4 minutes après l'incendie.

La condition de visibilité n'est acceptable que sur une seule partie de l'escalier qui se trouve du côté opposé de la rame en feu. La figure 55 montre que même sur une hauteur basse (1m) rien n'est visible sur le niveau des quais, Une étude des graphes de visibilité en fonction du temps sera nécessaire pour plus de détails sur la condition de visibilité autour des entrées du niveau des quais.

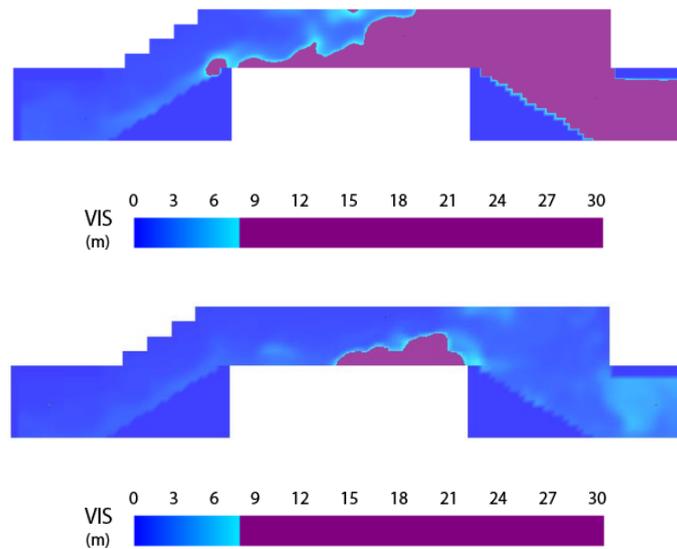


Figure 52 : La visibilité pour les deux côtés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+4 min (position 2)

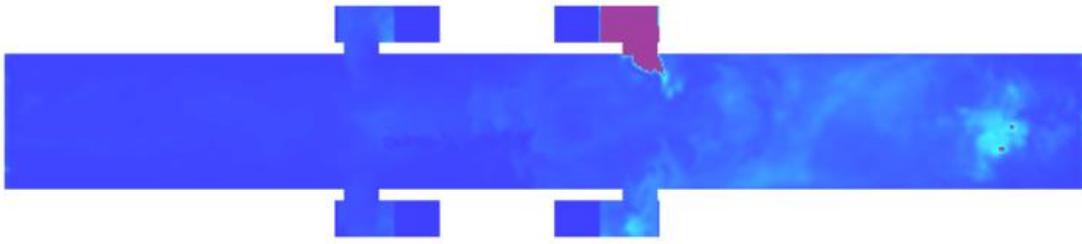


Figure 53 : La visibilité à 1m après T₀+4 min sur le niveau quai (position 2)

La visibilité devient inacceptable pour les entrées 1 et 2 après 70s, pour l'entrée 3, des fluctuations autour de 7,5m apparaissent entre 70s et 140s, les valeurs mesurées après 140s sont toutes inacceptables. Avant d'arriver à 4 min après le début de l'incendie, les trois entrées citées précédemment présentent un grave danger lié à la visibilité.

Le graphe pour l'entrée 4 montre que le danger lié à la visibilité est moyen, malgré que la valeur a été dépassée plusieurs fois, mais les fluctuations permettent son retour à des valeurs acceptables tout le long de la simulation.

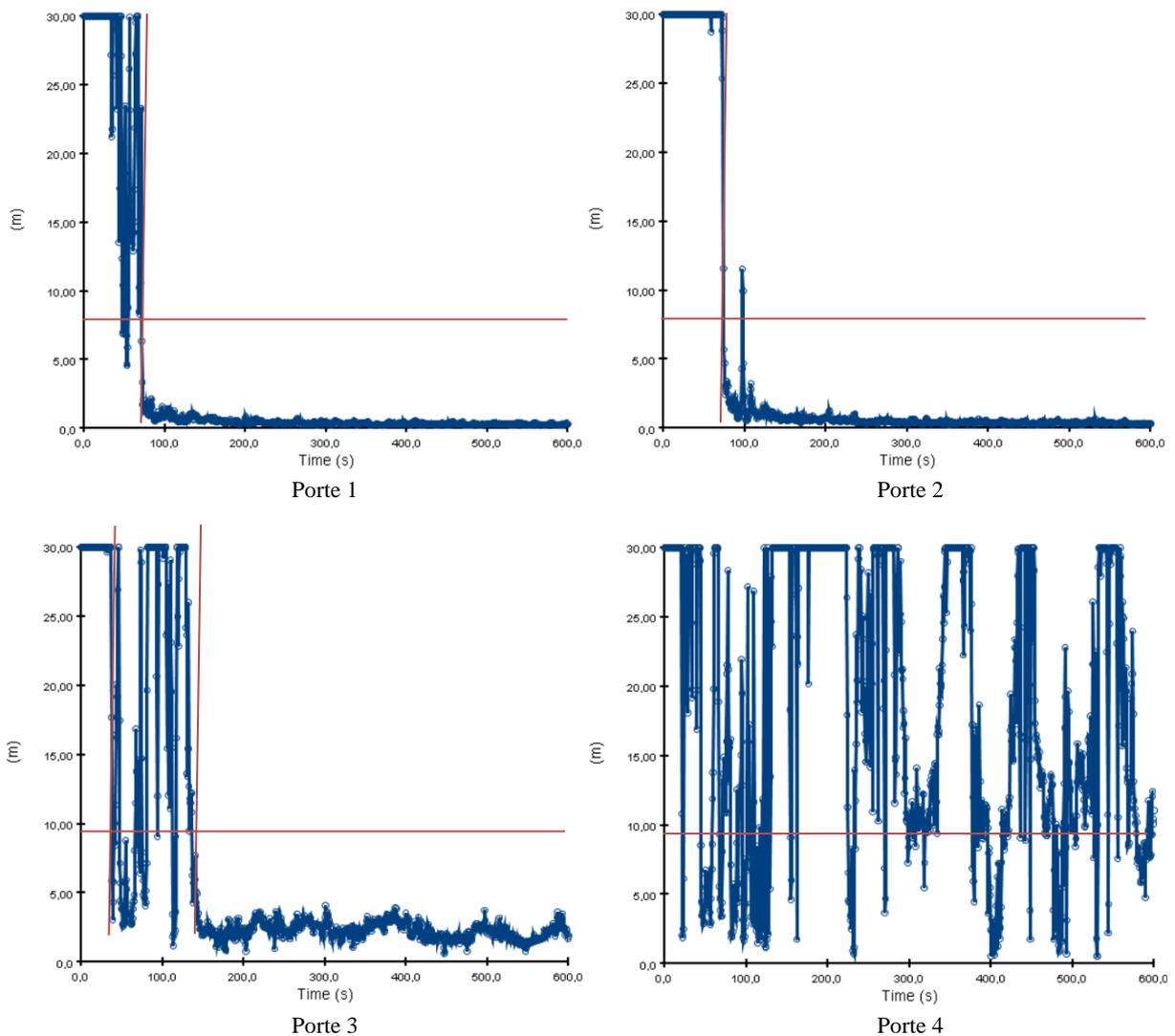


Figure 54: graphe de visibilité en fonction du temps pour le niveau des quais (position 2)

Récapitulatif :

Tableau 11 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 2ème position

	N° d'entrée	Condition de visibilité à 1,75 m	
		Avant 4 min	Après 4 min
Salle des billets	1	acceptée	
	2	acceptée	
Niveau des quais	1	gravement dépassée après 70s	gravement dépassée
	2	gravement dépassée après 70s	gravement dépassée
	3	gravement dépassée après 140s	gravement dépassée
	4	moyennement dépassée	

Conclusion :

La salle des billets garde des valeurs acceptables, tandis que toutes les entrées du niveau quai dépassent les conditions de visibilité imposées avant 4 min.

3.4.4. Récapitulatif des résultats pour la position 2 :

Les résultats de la deuxième simulation montrent que c'est les entrées les plus proches du feu qui subissent toutes sortes de dangers, les deux autres entrées sont sujet à des risques thermiques et de visibilité mais pas de toxicité. L'évacuation pour ce cas est extrêmement difficile.

Tableau 12 : Récapitulatif des résultats pour la deuxième position

	N° d'entrée	Condition thermique	Condition de toxicité	Condition de visibilité
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée
	2	gravement dépassée	dépassée	gravement dépassée
	3	légèrement dépassée	acceptée	gravement dépassée
	4	légèrement dépassée	acceptée	Moyennement dépassée

3.5. Position 3

C'est la position sur un wagon à l'extrémité gauche :

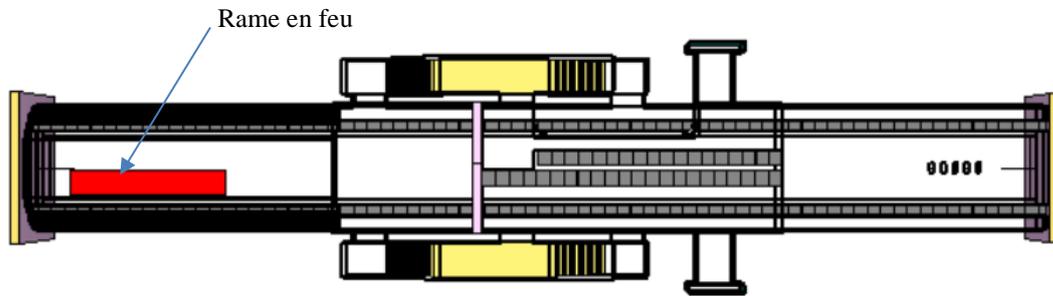
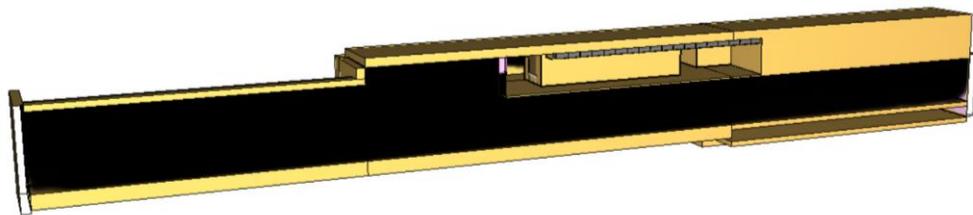
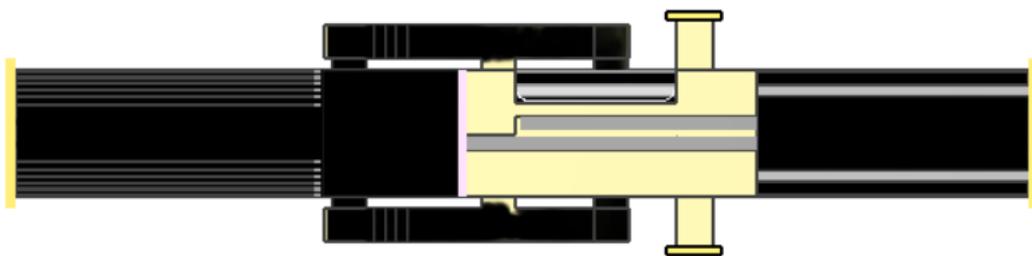


Figure 55 : troisième position de l'incendie (vue de haut)

En regardant les résultats de simulation globalement, on remarque qu'après 600 s le niveau des quais se remplit totalement en fumée, et que la salle des billets n'a pas été atteinte.



(a) Vue de coupe



(b) Vue de haut

Figure 56 : la station à T_0+10 min (position 3)

La fumée commence à se propager au plafond des escaliers après 50 s du début de l'incendie.

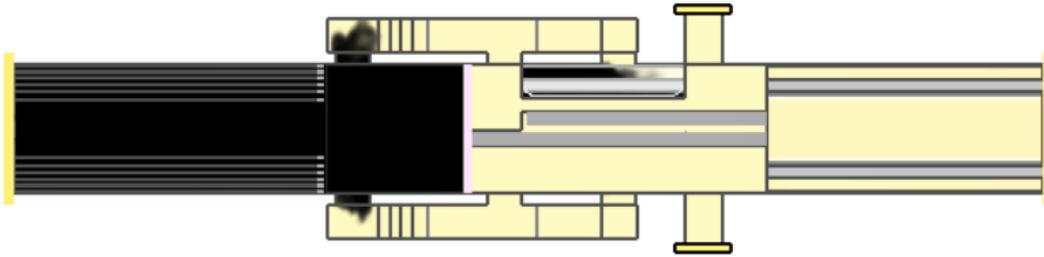


Figure 57 : vue de haut de la station à T_0+60 s (position 3)

Conclusion :

Le soufflage dans la salle des billets a été parfaitement capable de l'isoler de la fumée pendant toutes les 10 min.

3.5.1. Analyse des champs de température

Après 10 min de l'incendie, la salle des billets ne présente aucune hausse de température au-delà de 40°C .

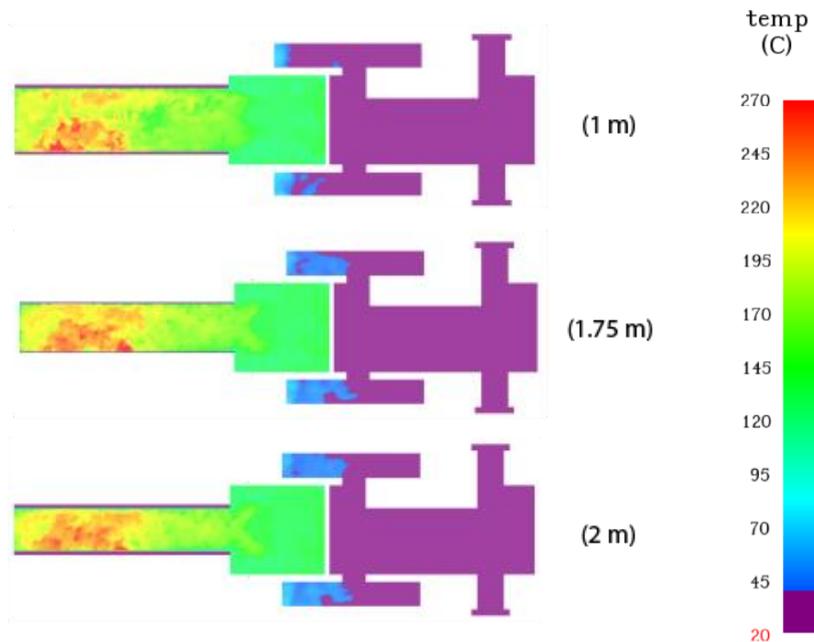


Figure 58: La distribution de température à T_0+10 min dans la salle des billets à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)

Les escaliers subissent des températures très élevés, l'entrée la plus proches de chaque escalier fait passer une grande quantité des fumées chaudes. La température locale au plafond arrive à 90°C .

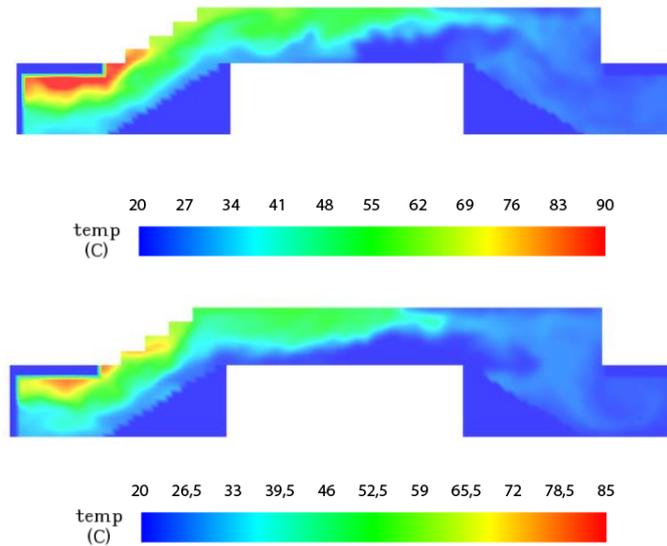


Figure 59 : distribution de température pour les deux cotés des escaliers sur des plans suivant x à T_0+10 min (position 3)

Dans le niveau des quais, on note qu'après 10 min la condition thermique n'est pas acceptée sur tous les plans étudiés. La température près des entrées du quai dépasse la limite permise.

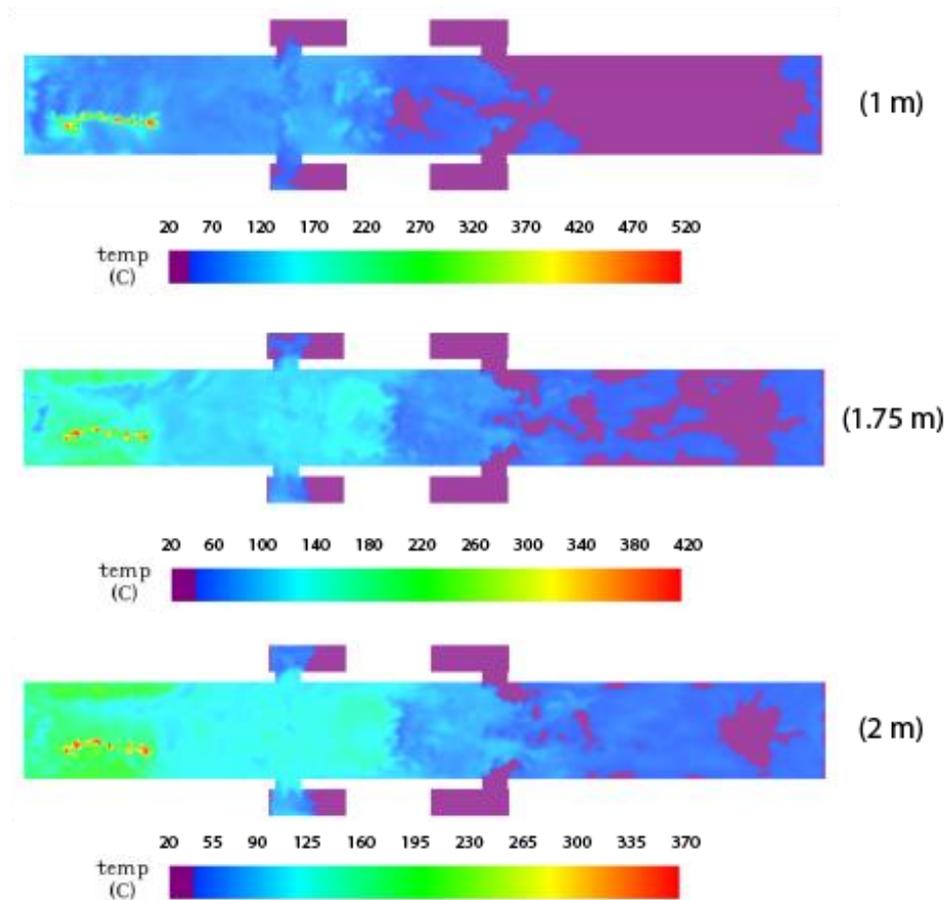


Figure 60 : La distribution de température à T_0+10 min dans le niveau des quais à $Z = 1, 1.75, 2$ m (position 3)

Pour donner une approximation du temps nécessaire pour totalement évacuer le niveau quai, on va étudier les thermocouples placés sur chaque entrée à une hauteur de 1m, 1.75m et 2m du sol.

La température à 1 m du sol excède les 40°C après 80s du début de l'incendie sur l'entrée 1, et 1 min sur l'entrée 2, la température maximale mesurée est de 90°C. Cependant, la condition thermique pour les entrées 3 et 4 est respectée avec une température maximale de 30 °C.

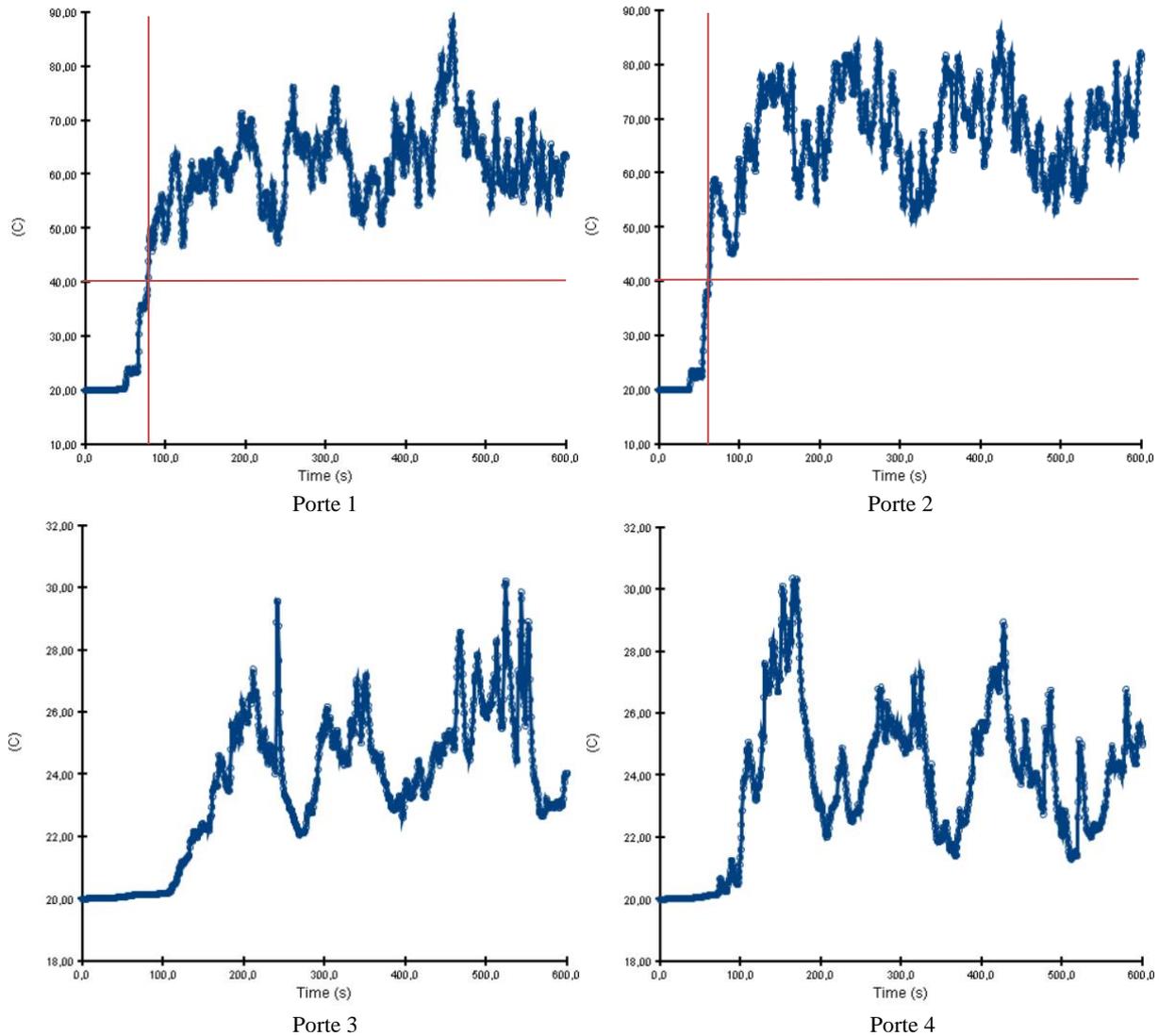


Figure 61 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1 m du sol (position 3)

Les résultats des thermocouples placés à 1,75m du sol, démontre que la température excède les 40°C dans environ 1 min après le début de l'incendie sur les entrées 1 et 2, elle arrive à une température de 100 °C. Cependant, les entrées 3 et 4 ont respecté la condition thermique avec une température maximale de 30 °C.

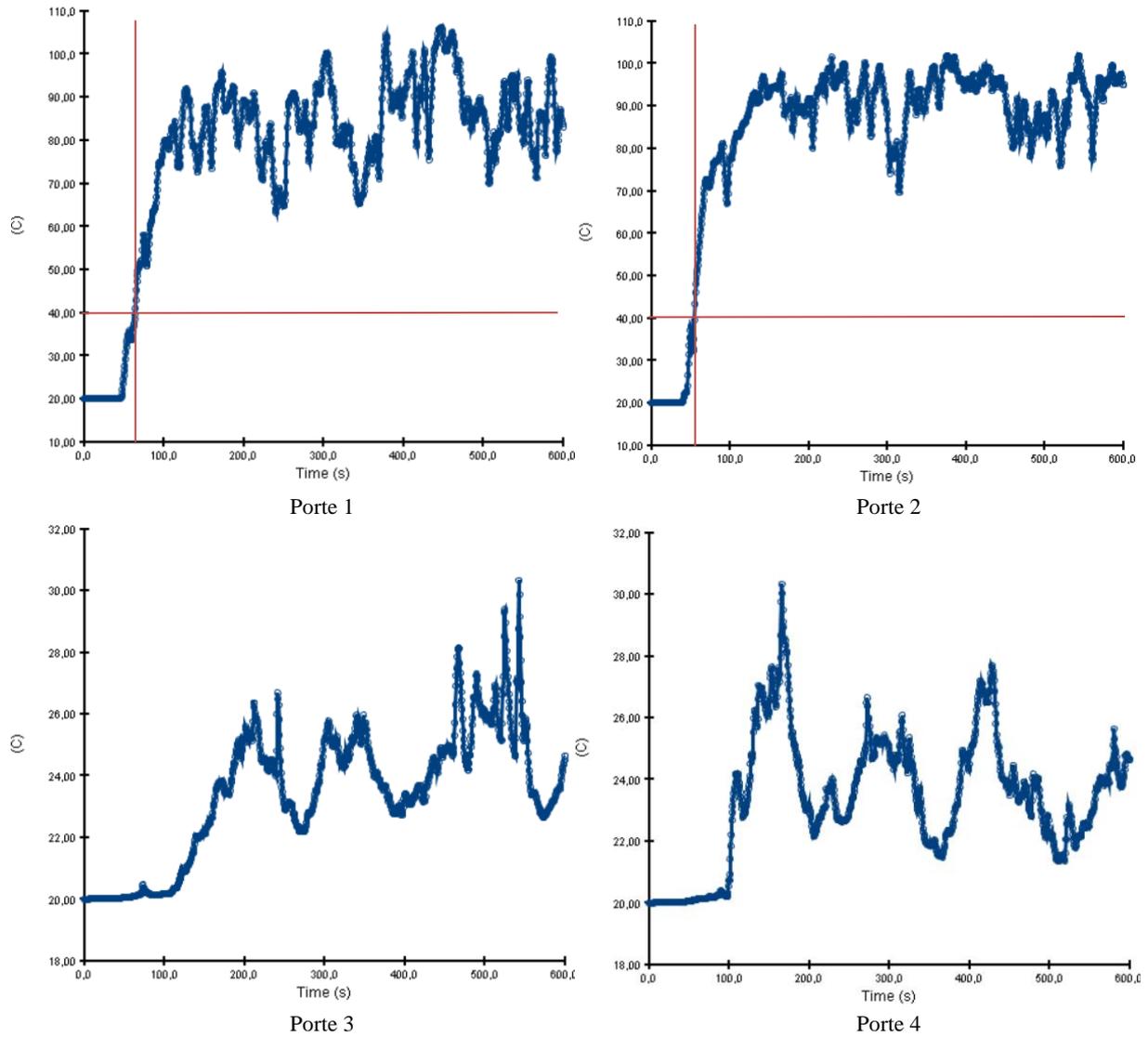


Figure 62 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75m du sol (position 3)

À 2m du sol, la valeur limite de température a été dépassée après 50 s pour les entrées 1 et 2, on remarque que la température atteint 120°C. La température aux entrées 3 et 4 est restée inférieure à 28°C durant les 10 minutes simulées.

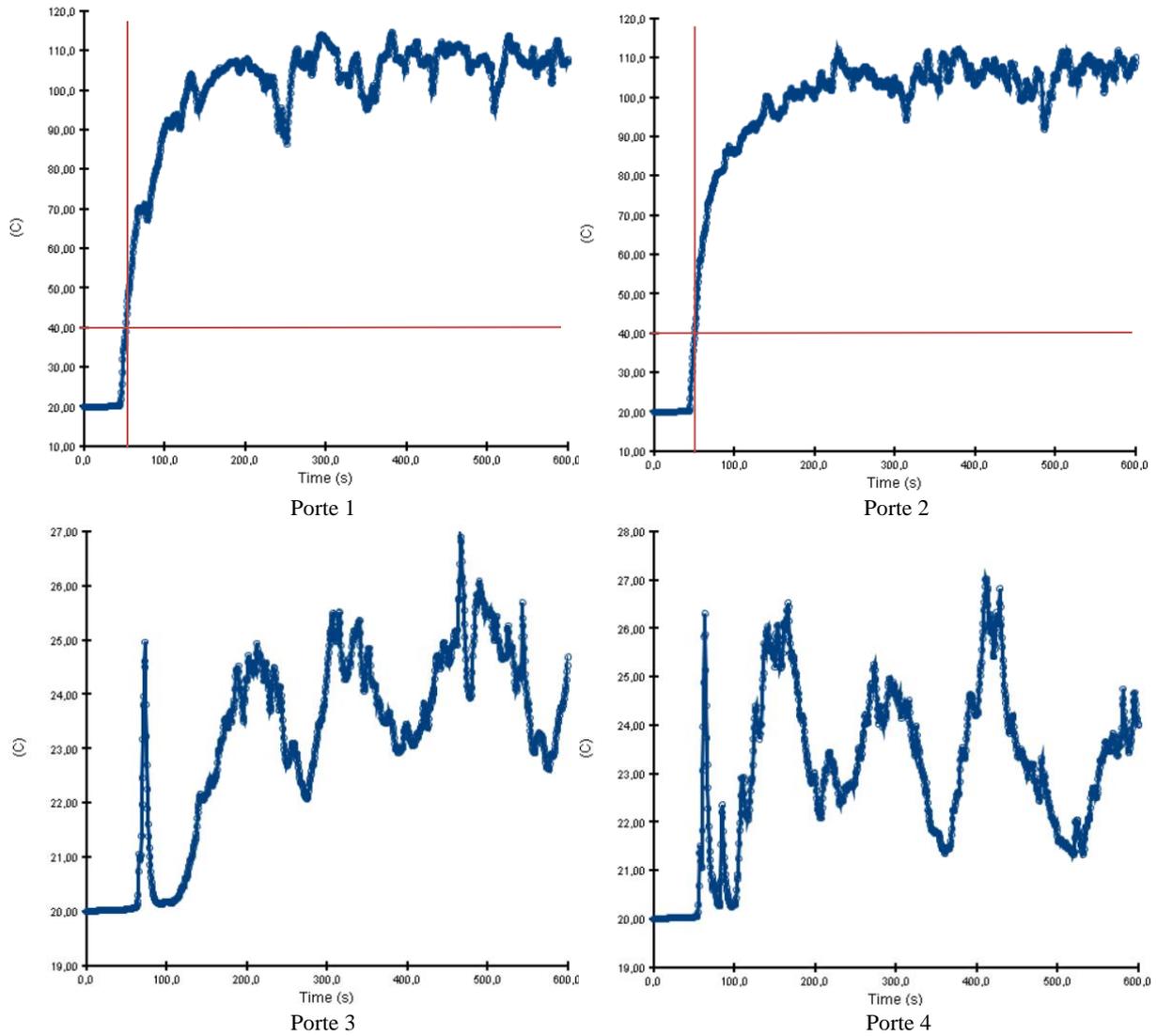


Figure 63 : thermocouples sur les entrées existantes dans le niveau quai à 2m du sol (position 3)

Récapitulatif :

Tableau 13 : Récapitulatif des résultats de l’analyse des conditions thermiques pour la 3ème position

	N° d'entrée	Condition thermique à 1m	Condition thermique à 1,75m	Condition thermique à 2m
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	gravement dépassée après près de 80 s	gravement dépassée après près de 65 s	gravement dépassée après près de 50 s
	2	gravement dépassée après près de 60 s	gravement dépassée après près de 55 s	gravement dépassée après près de 50 s
	3	acceptée	acceptée	acceptée
	4	acceptée	acceptée	acceptée

Conclusion :

On trouve finalement que malgré la condition thermique fortement dépassée pour les deux entrées de la station les plus proches à l'incendie, l'évacuation peut se faire durant les 10 min étudiées et cela à travers les deux autres entrées.

3.5.2. Analyse de toxicité

Après 10 min de l'incendie, la fraction volumique du CO₂ dans la salle des billets et dans les deux escaliers ne présente aucune hausse au-delà de la valeur limite choisie (1,5%).

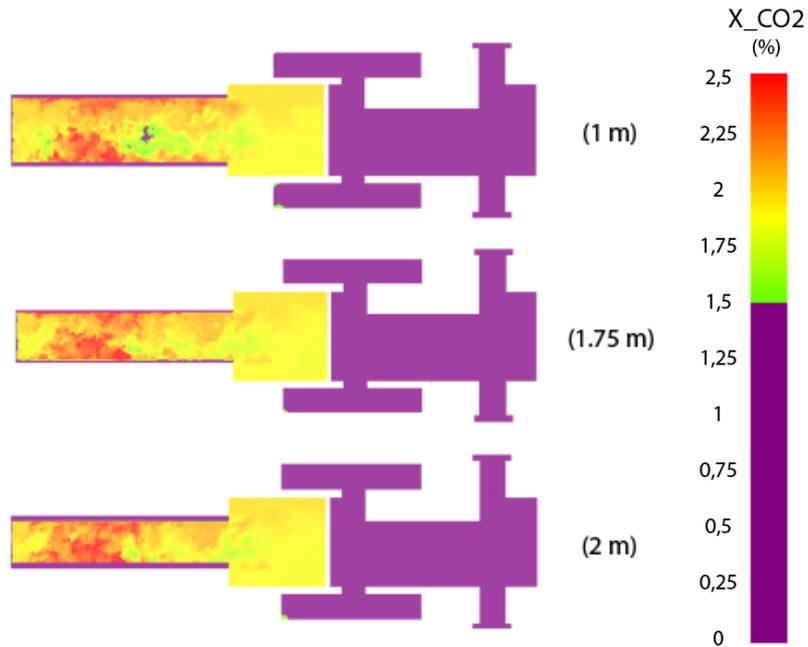


Figure 64 : La fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans la salle des billets à Z = 1, 1.75, 2 m (position 3)

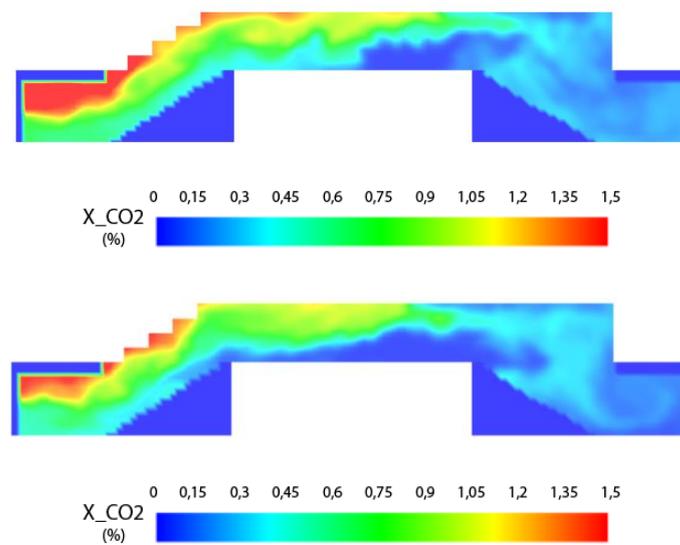


Figure 65 : La fraction volumique du CO₂ pour les deux côtés des escaliers sur des plans suivant x à T₀+10 min (position 3)

La condition de toxicité dans le niveau des quais est acceptée à 1m, mais pas à 1,75 et 2m, où on mesure autour des entrées proches de l'incendie des valeurs supérieures à la valeur limite. On doit donc étudier les appareils de mesure de toxicité placées à 1,75m et 2m pour les entrées 1 et 2.

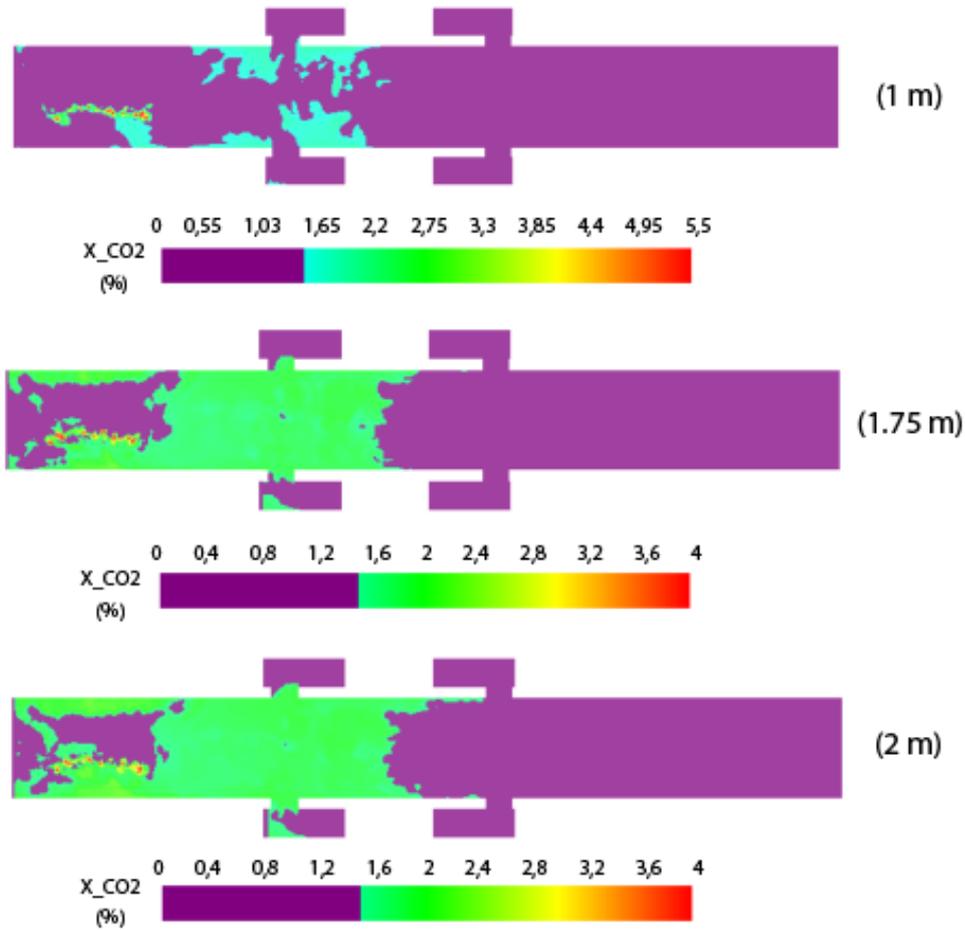


Figure 66 : La fraction volumique du CO₂ à T₀+10 min dans le niveau des quais à Z = 1, 1.75, 2 m (position 3)

À 1,75 m du sol, pour la 1^{ère} entrée, la toxicité dépasse la valeur limite imposée après 250s, mais la situation ne présente un danger qu'après 370s.

La condition de toxicité pour la deuxième entrée est dépassée après 210s, la fraction volumique maximale du CO₂ mesurée à la fin de la simulation vaut 2%.

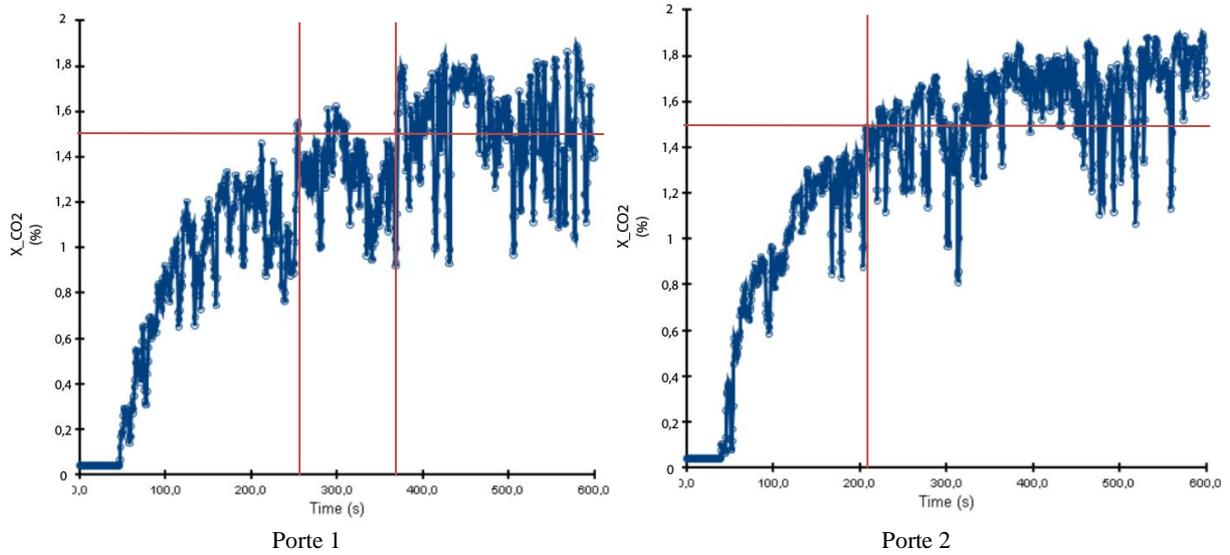


Figure 67 : toxicité à 1,75 m du sol pour les entrées proches de la source d'incendie (position 3)

À 2 m, la toxicité à la 1^{ère} entrée dépasse 1,5% après 180s, mais la situation ne présente un danger qu'après 250s. La fraction volumique maximale du CO₂ mesurée à la fin de la simulation vaut 2,2%.

Après 200s la limite de toxicité est dépassée à la 2^{ème} entrée, la fraction volumique maximale du CO₂ mesurée à la fin de la simulation vaut 2%.

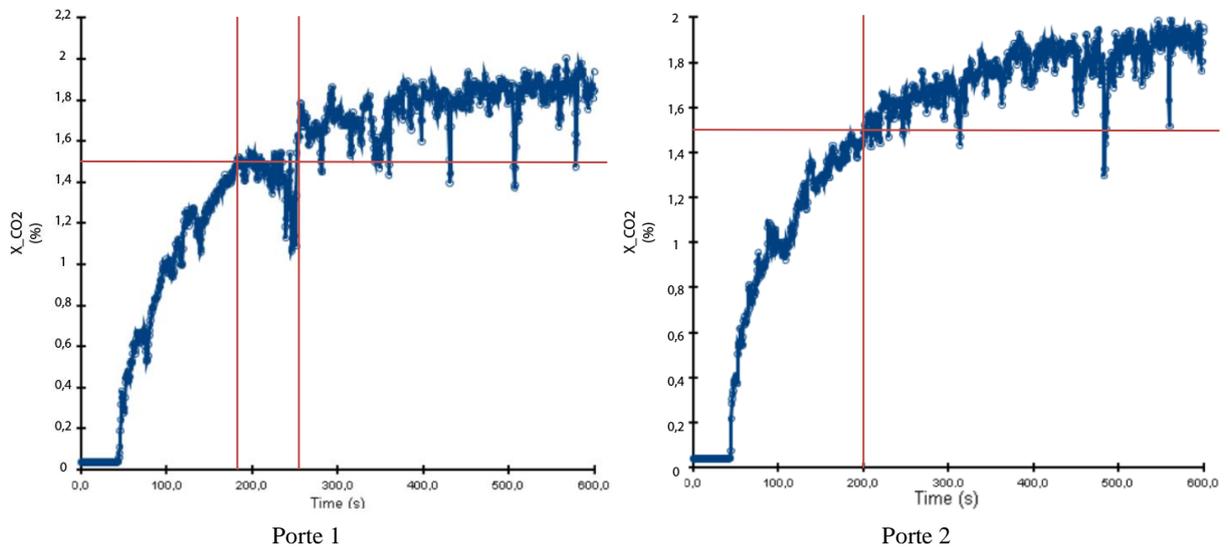


Figure 68 : Toxicité à 2 m du sol pour les entrées proches de la source d'incendie (position 3)

Récapitulatif :

Tableau 14 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de toxicité pour la 3ème position

	N° d'entrée	Condition de toxicité à 1m	Condition de toxicité à 1,75m	Condition de toxicité à 2m
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	acceptée	gravement dépassée après près de 370 s	gravement dépassée après 250 s
	2	acceptée	gravement dépassée après près de 210 s	gravement dépassée après 200 s
	3	acceptée	acceptée	acceptée
	4	acceptée	acceptée	acceptée

Conclusion :

La condition de toxicité a été vérifiée dans la salle des billets et les escaliers, le niveau quai présente un danger après 200s de l'incendie pour les entrées 1 et 2, pour cela, l'évacuation doit avoir lieu à travers les deux autres entrées.

3.5.3. Analyse de visibilité

La visibilité sera étudiée sur les 4 premières minutes, la valeur limite choisie est de 7,5 m, c'est-à-dire que toute valeur supérieure à 7,5 m sera acceptée.

On a vu précédemment que la fumée n'accède pas à la salle des billets, d'où la déduction que la visibilité ne sera pas affectée pendant les 10 min étudiées.

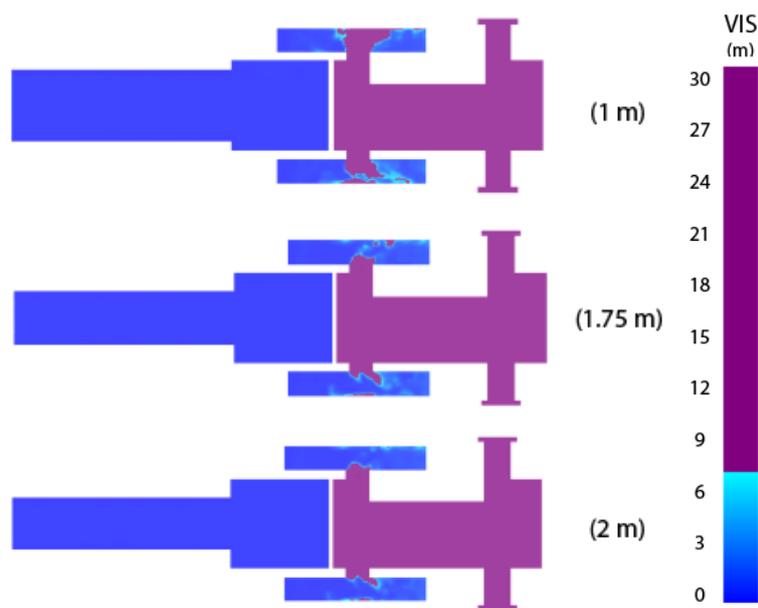


Figure 69 : La visibilité à T₀+10 dans la salle des billets à Z = 1, 1.75, 2 m (position 3)

Pour le niveau des quais et les escaliers, on ne va s'intéresser qu'aux premières 4 minutes après l'incendie.

La condition de visibilité est totalement dépassée pour les deux escaliers. Et on remarque que même le plus bas plan étudié (1m) ne permet aucune visibilité après 4 min.

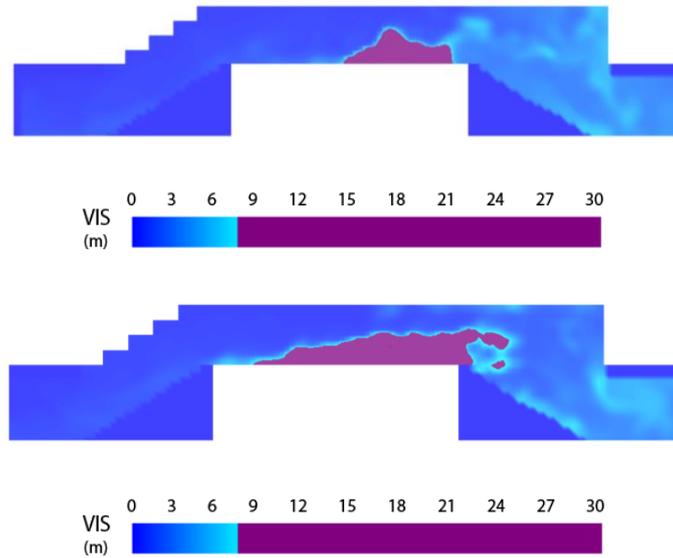


Figure 70 : La visibilité pour les deux cotées des escaliers sur des plans suivant x à T_0+4 min (position 3)



Figure 71 : La visibilité à $z=1$ m à T_0+4 min niveau des quais (position 3)

Une étude des graphes de visibilité en fonction du temps pour les entrées du niveau quai sera nécessaire pour plus de détails.

La valeur limite pour la visibilité a été dépassée pour les 4 entrées au niveau des quais, cela s'est passé après 50, 40, 140 et 100s pour les entrées 1, 2, 3 et 4 respectivement.

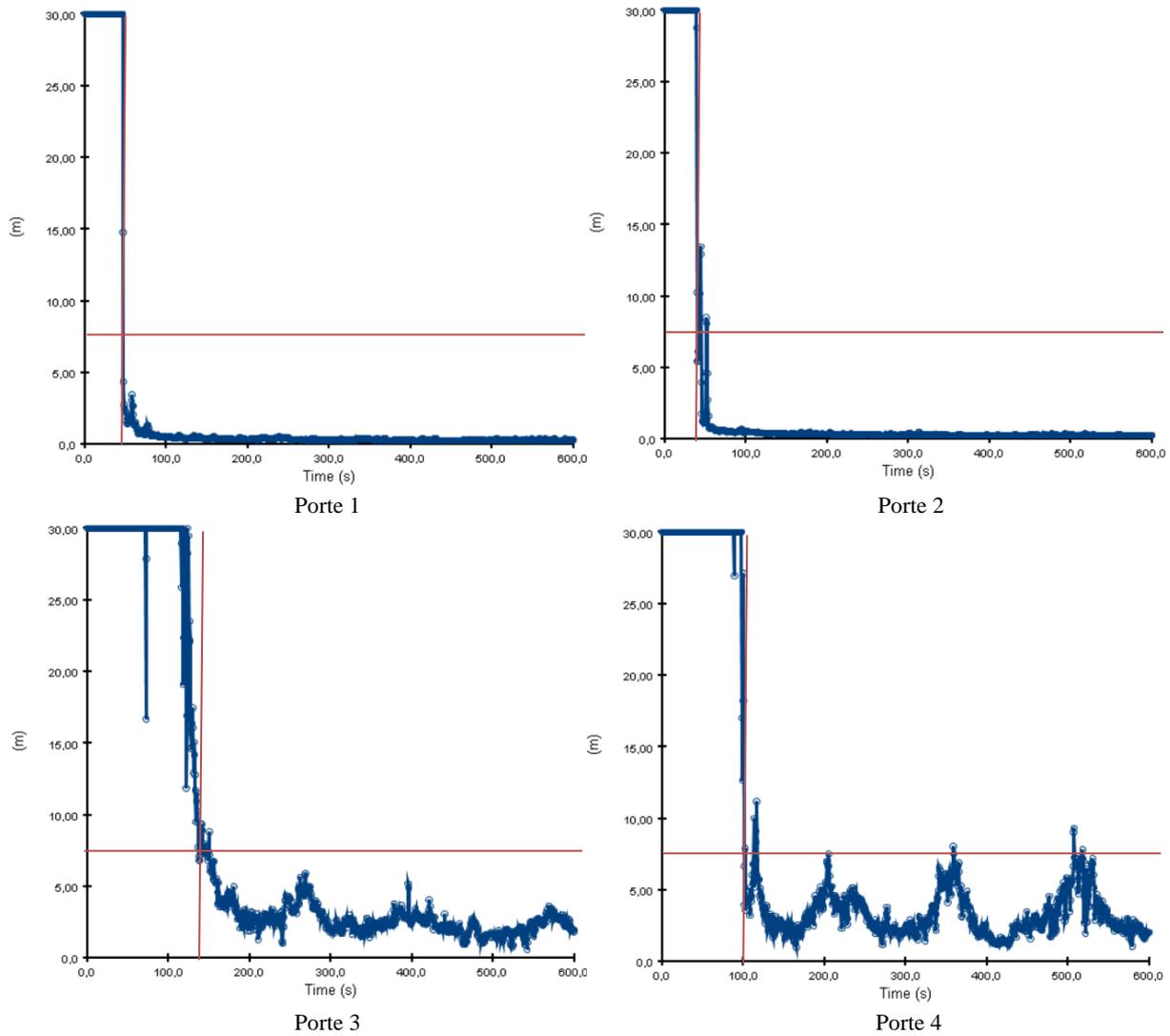


Figure 72 : visibilité sur les entrées existantes dans le niveau quai à 1,75 m du sol (position 3)

Récapitulatif :

Tableau 15 : Récapitulatif des résultats de l'analyse des conditions de visibilité pour la 3ème position

	N° d'entrée	Condition de visibilité à 1,75 m	
		Avant 4 min	Après 4 min
Salle des billets	1	acceptée	
	2	acceptée	
Niveau des quais	1	gravement dépassée	
	2	gravement dépassée	
	3	gravement dépassée	
	4	gravement dépassée	

Conclusion :

Les gens ne peuvent rien voir après environ 2 min du début de l'incendie, donc l'évacuation du niveau quai ne pourra pas avoir lieu après ce temps-là.

6.1.1. Récapitulatif des résultats pour la position 3 :

Les résultats de la troisième simulation montrent que les deux entrées les plus proches du feu sont totalement incapables pour évacuer les gens. Les deux autres entrées présentent une température et toxicité acceptables, mais les gens risquent de ne pas voir où se diriger donc une difficulté de l'évacuation.

Tableau 16 : Récapitulatif des résultats pour la troisième position

	N° d'entrée	Condition thermique	Condition de toxicité	Condition de visibilité
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée
	2	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée
	3	acceptée	acceptée	gravement dépassée
	4	acceptée	acceptée	gravement dépassée

3.6. Tableau récapitulatif des trois positions étudiés :

Tableau 17 : Récapitulatif de tous les résultats étudiés

	N° d'entrée	position 1			position 2			position 3		
		Température	toxicité	visibilité	Température	toxicité	visibilité	Température	toxicité	visibilité
Salle des billets	1	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée
	2	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée	acceptée
Niveau des quais	1	acceptée	acceptée	acceptée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée
	2	acceptée	acceptée	accepté	gravement dépassée	dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée	gravement dépassée
	3	légèrement dépassée	acceptée	accepté	légèrement dépassée	acceptée	gravement dépassée	acceptée	acceptée	gravement dépassée
	4	gravement dépassée	acceptée	gravement dépassée	légèrement dépassée	acceptée	Moyennement dépassée	acceptée	acceptée	gravement dépassée

Conclusion générale

L'étude qu'on a réalisé dans le cadre de ce projet de fin d'étude a mis en évidence la contribution de la modélisation numérique dans la compréhension et la prédiction du mouvement des fumées qui sont indispensables pour établir une stratégie efficace de désenfumage qui permet d'assurer la sécurité des usagers lors d'un incendie en station de métro.

La première partie nous a permis de se familiariser au domaine, de connaître les différentes normes utilisées pour le désenfumage des stations métro dans notre pays, et d'acquérir des connaissances sur l'incendie, la fumée dans les milieux confinés, ainsi que la ventilation.

La deuxième partie portait sur l'outil numérique et son utilisation, une description du code de calcul FDS a été donnée, en présentant les modèles mathématiques qui permettent au logiciel de simuler les mécanismes de transferts de chaleur et de matière. Un logiciel graphique nommé Pyrosim s'avère un moyen très utile pour générer le fichier input FDS et faciliter notre tâche. La vraie géométrie de la station a été utilisée, sans aucune approximation grâce au développement du logiciel Pyrosim qui prend en charge des géométries complexes, cela nous a permis de tester l'incendie dans des conditions très proches des conditions réelles.

Plusieurs positions d'incendie ont été testées dans l'objectif de vérifier l'efficacité du scénario fourni par l'entreprise métro d'Alger, La simulation a conduit à des résultats similaires à ce que l'entreprise a prédit, la salle des billets reste libre de fumées quel que soit l'endroit de l'incendie durant toute la durée de l'évacuation (10 min), d'où l'obtention des conditions de température de toxicité et de visibilité acceptables, ce qui répond parfaitement à la réglementation ERP qui fait état d'un découpage d'infrastructure en plusieurs zones où la fumée est incapable de migrer d'une zone à l'autre.

Cependant, il apparaît que les escaliers qui sont l'unique moyen d'évacuation d'un étage à l'autre, sont sujet à des conditions agressives dans leurs niveaux inférieurs qui débouchent sur le niveau des quais, l'étude a montré que la première position est la moins exposée au danger grâce à l'emplacement des bouches d'extraction de fumée directement au-dessus de la rame en feu. La deuxième position de l'incendie est la position la plus défavorable, elle est très proche des entrées des escaliers, d'où la difficulté de l'évacuation.

L'entreprise doit révéifier le scénario de désenfumage pour assurer plus de sécurité aux usagers dans le niveau quai, car lors du déclenchement d'un incendie il est probable que les usagers ne puissent pas rejoindre la salle des billets à cause des conditions mortelles autour des entrées au niveau quai et aux escaliers.

Bibliographie

- [1] B. Giachetti, D. Couton, & F. Plourde, (2017). Smoke spreading analyses in a subway fire scale model. *Tunnelling and underground space technology*, volume 70, pages 233-239. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/tust (consulté en Avril 2021)
- [2] P. Bernier, Y. Durocher, Y. Le Gall , & J. Lesieur, (2016). Étude comparative des pratiques de sécurité incendie en tunnel de metro de cinq pays de l'union européenne. Mémoire en vue de l'obtention de la formation d'adaptation à l'emploi de Chef de Groupement 2015/01 n° 30.
http://crd.ensosp.fr/doc_num.php?explnum_id=8263 (consulté en Avril 2021)
- [3] X. Guo, X. Pan, Z. Wang, J. Yang, M. Hua, J. Jiang, (2018). Numerical simulation of fire smoke in extralong river-crossing subway tunnels. *Tunnelling and underground space technology*, volume 82, pages 82–98. journal homepage: www.elsevier.com/locate/tust (consulté en Avril 2021)
- [4] K. Wang, W. Cai, Y. Zhang, H. Hao, & Z. Wang, (2021). Numerical simulation of fire smoke control methods in subway stations and collaborative control system for emergency rescue. *Process Safety and Environmental Protection*, volume 147, pages 146-161. journal homepage: www.elsevier.com/locate/psepp (consulté en Avril 2021)
- [5] S. Kayili, (2005). « CFD simulation of fire and ventilation in the stations of underground transportation systems », Master thesis, submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.632.4409&rep=rep1&type=pdf> (consulté en avril 2021)
- [6] M. Hadj Nacer, (2008). Etude numérique sur la propagation des fumées et le désenfumage en cas d'un incendie dans une station de métro. Algérie: ENP.
- [7] Document interne de l'entreprise Métro d'Alger : Principe de dimensionnement du système de ventilation/désenfumage, 2^{ème} révision (05/10/2008)
- [8] C. Shi, M. Zhong, C. Chen, W. Jiao, J. Li, Y. Zhang, L. Zhang, Y. Li, L. He, (2020). Metro train carriage combustion behaviors – Full-scale experiment study. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Volume 104. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/tust. (consulté en Juin 2021)
- [9] Document interne de l'entreprise Métro d'Alger : Tunnels et stations : Ventilation-Désenfumage Recensement des hypothèses première partie – Règlementation.
- [10] A. Zidane & I. Bensalah, (2018). Evaluation des performances de système extinction automatique à gaz CO₂. Université Kasdi Merbah Ouargla.

<https://docplayer.fr/113839413-Evaluation-des-performances-de-systeme-extinction-automatique-a-gaz-co-2.html>
(consulté en Juin 2021)

[11] C. Fezazi, (2020). Etude, simulation et réalisation d'un système anti incendie à ondes sonores. Université Abou BekrBelkaid, Tlemcen.

[12] B. Debray, N. Gobeau, & F.Waymel, (2007). Incendies en milieu confiné: Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs. 2007.

https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/incendie_milieu_confine_web.pdf
(consulté en Juin 2021)

[13] H. Quang Dong, (2014). Thèse : Evaluation du risque d'inflammation des fumées riches dans un milieu confiné sous-ventilé à l'aide de la simulation numérique. Ecole Doctorale : Sciences et Ingénierie en Matériaux, Mécanique Energétique et Aéronautique.

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00954471/document>
(consulté en Juin 2021)

[14] Centre d'Études des Tunnels en France, (2019). Thèse : Étude des feux de référence en tunnel de transports guidés urbains. Synthèse.

http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/cetu_docinfo_synthese_etude_feux_reference_tunnels_2019.pdf
(consulté en Juin 2021)

[15] E. Guillaume, (2006). Effets du feu sur les personnes, synthèse bibliographique- juillet 2006.

[16] R. Djedjig, (2009). Etude Numérique du Désenfumage en cas d'Incendie dans une Station de Métro à Deux Niveaux. PFE. Alger : Ecole Nationale Polytechnique.

[17] H. Pretrel, (2018). Contribution à l'étude de la dynamique des incendies en milieu confiné et mécaniquement ventilé. IRSN: Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire.

https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/collection-ouvrages-IRSN/Documents/HDR_Pretrel_web_nonimprimable.pdf
(consulté en Juin 2021)

[18] C. Lutchesi, (2009). Etude du mouvement d'un fluide de faible masse volumique entre deux compartiments reliés par une ouverture de type porte: Application à la propagation de la fumée d'incendie. Laboratoire d'Expérimentation des Feux.

<https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/43/127/43127249.pdf>
(consulté en Juin 2021)

[19] Document interne de l'entreprise Métro d'Alger : Spécifications techniques ventilation /désenfumage en stations, tunnels et interstations.

[20] INSA Lyon, (2003). Tunnels et ouvrages souterrains.

[21] Pyrosim User Guide (2019)

[22] An. Thiry-Muller, Au. Thiry-Muller, P. Carlotti, (2017). Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage, LCCP, Laboratoire Centrale de la préfecture de Police.

http://docs.gdrfeux.univ-lorraine.fr/Balma/LCPP_1.pdf

(consulté en Juin 2021)

[23] Les services de données et des études statistiques en France SDES, (2021), Chiffres clé du climat, France, Europe et monde.

https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-12/datalab_81_chiffres_cles_du_climat_edition_2021.pdf

(consulté en Juin 2021)

[24] CNPP Editions, (2010). Règles APSAD R13 Règles d'installation Extinction automatique à gaz.

http://lerisqueincendie.com/DOCUMENTS/DOCUMENTS_ARTICLES_TECHNIQUES/APSAD/apsad%20R13.2010.pdf

(consulté en Juillet 2021)

[25] Intoxication par inhalation de dioxyde de carbone, dossier médico-technique, Documents pour le médecin du travail N° 79 3e trimestre 1999.

<http://www.inrs.fr/default/dms/inrs/CataloguePapier/DMT/TI-TC-74/tc74.pdf>

(consulté en Juillet 2021)

Annexe

Fichier Input FDS de la première position de l'incendie :

```
&HEAD CHID='feu_position_1_test'/
&TIME T_END=600.0/
&DUMP          RENDER_FILE='feu_position_1_test.ge1',          COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE.,
DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25/
```

```
&MESH ID='porte d'entrée 1', IJK=5,17,12, XB=-8.5,-7.25,75.25,79.5,3.75,6.75/
&MESH ID='porte d'entrée 01', IJK=18,17,12, XB=-13.0,-8.5,75.25,79.5,3.75,6.75/
&MESH ID='porte d'entrée 001', IJK=4,25,16, XB=-14.0,-13.0,74.25,80.5,3.75,7.75/
&MESH ID='porte d'entrée 2', IJK=5,17,12, XB=7.25,8.5,75.25,79.5,3.75,6.75/
&MESH ID='porte d'entrée 02', IJK=18,17,12, XB=8.5,13.0,75.25,79.5,3.75,6.75/
&MESH ID='porte d'entrée 002', IJK=4,25,16, XB=13.0,14.0,74.25,80.5,3.75,7.75/
&MESH ID='salle billet 04-b-c-merged-merged', IJK=21,133,3, XB=2.0,7.25,51.25,84.5,7.5,8.25/
&MESH ID='salle billet 04-a', IJK=30,23,3, XB=-7.25,0.25,51.25,57.0,7.5,8.25/
&MESH ID='salle billet 05-a', IJK=6,73,3, XB=-3.5,-2.0,57.0,75.25,7.5,8.25/
&MESH ID='salle billet 06-a', IJK=21,37,3, XB=-7.25,-2.0,75.25,84.5,7.5,8.25/
&MESH ID='salle billet 01', IJK=58,23,15, XB=-7.25,7.25,51.25,57.0,3.75,7.5/
&MESH ID='salle billet 02', IJK=43,73,15, XB=-3.5,7.25,57.0,75.25,3.75,7.5/
&MESH ID='salle billet 03', IJK=58,37,15, XB=-7.25,7.25,75.25,84.5,3.75,7.5/
&MESH ID='porte haute droite', IJK=5,15,12, XB=7.25,8.5,53.25,57.0,3.75,6.75/
&MESH ID='porte haute gauche', IJK=5,15,12, XB=-8.5,-7.25,53.25,57.0,3.75,6.75/
&MESH ID='porte basse droite 01', IJK=5,15,7, XB=7.25,8.5,36.25,40.0,0.0,1.75/
&MESH ID='porte basse droite 02', IJK=6,15,3, XB=7.0,8.5,36.25,40.0,1.75,2.5/
&MESH ID='porte basse gauche 01', IJK=5,15,7, XB=-8.5,-7.25,36.25,40.0,0.0,1.75/
&MESH ID='porte basse gauche 02', IJK=6,15,3, XB=-8.5,-7.0,36.25,40.0,1.75,2.5/
&MESH ID='porte basse droite 03', IJK=5,15,7, XB=7.25,8.5,66.0,69.75,0.0,1.75/
&MESH ID='porte basse droite 04', IJK=6,15,3, XB=7.0,8.5,66.0,69.75,1.75,2.5/
&MESH ID='porte basse gauche 03', IJK=5,15,7, XB=-8.5,-7.25,66.0,69.75,0.0,1.75/
&MESH ID='porte basse gauche 04', IJK=6,15,3, XB=-8.5,-7.0,66.0,69.75,1.75,2.5/
&MESH ID='escalier droit 20-b', IJK=16,45,15, XB=8.5,12.5,58.75,70.0,0.0,3.75/
&MESH ID='escalier droit 20-a-a', IJK=16,45,15, XB=8.5,12.5,35.25,46.5,0.0,3.75/
&MESH ID='escalier droit 21-a', IJK=16,100,3, XB=8.5,12.5,41.0,66.0,3.75,4.5/
&MESH ID='escalier droit 21-b', IJK=16,95,3, XB=8.5,12.5,42.25,66.0,4.5,5.25/
&MESH ID='escalier droit 21-c', IJK=16,90,3, XB=8.5,12.5,43.5,66.0,5.25,6.0/
&MESH ID='escalier droit 21-d', IJK=16,85,3, XB=8.5,12.5,44.75,66.0,6.0,6.75/
&MESH ID='escalier gauche 2-a', IJK=16,45,15, XB=-12.5,-8.5,35.25,46.5,0.0,3.75/
&MESH ID='escalier gauche 2-b-b', IJK=16,45,15, XB=-12.5,-8.5,58.75,70.0,0.0,3.75/
&MESH ID='escalier gauche 3-a', IJK=16,100,3, XB=-12.5,-8.5,41.0,66.0,3.75,4.5/
&MESH ID='escalier gauche 3-b', IJK=16,95,3, XB=-12.5,-8.5,42.25,66.0,4.5,5.25/
&MESH ID='escalier gauche 3-c', IJK=16,90,3, XB=-12.5,-8.5,43.5,66.0,5.25,6.0/
&MESH ID='escalier gauche 3-d', IJK=16,85,3, XB=-12.5,-8.5,44.75,66.0,6.0,6.75/
&MESH ID='entre étage 1', IJK=58,62,19, XB=-7.25,7.25,35.0,50.5,3.5,8.25/
&MESH ID='partie inférieur ', IJK=30,462,9, XB=-3.75,3.75,0.0,115.5,-2.25,0.0/
&MESH ID='partie haute 1-a-b-a-b-b', IJK=28,152,14, XB=0.0,3.5,93.75,112.75,0.0,1.75/
&MESH ID='partie haute 1-a-b-a-a-merged', IJK=29,76,7, XB=-7.25,0.0,93.75,112.75,0.0,1.75/
&MESH ID='partie haute 1-a-a', IJK=58,375,7, XB=-7.25,7.25,0.0,93.75,0.0,1.75/
&MESH ID='partie haute 1-a-b-b', IJK=15,76,7, XB=3.5,7.25,93.75,112.75,0.0,1.75/
&MESH ID='partie haute 1-b', IJK=58,11,7, XB=-7.25,7.25,112.75,115.5,0.0,1.75/
&MESH ID='partie haute 2-a-a-d-merged', IJK=5,462,4, XB=4.25,5.5,0.0,115.5,1.75,2.75/
```

&MESH ID='partie haute 2-a-a-e-merged', IJK=6,462,3, XB=5.5,7.0,0.0,115.5,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-a-a-merged', IJK=6,462,3, XB=-7.0,-5.5,0.0,115.5,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-a-c', IJK=34,375,3, XB=-4.25,4.25,0.0,93.75,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-a-b-merged-merged-merged', IJK=5,462,4, XB=-5.5,-4.25,0.0,115.5,1.75,2.75/
 &MESH ID='partie haute 2-b-c', IJK=34,11,3, XB=-4.25,4.25,112.75,115.5,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-b-b-a-a', IJK=3,76,3, XB=3.5,4.25,93.75,112.75,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-b-a-a-c', IJK=17,76,3, XB=-4.25,0.0,93.75,112.75,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 2-a-b-a-b', IJK=28,152,6, XB=0.0,3.5,93.75,112.75,1.75,2.5/
 &MESH ID='partie haute 3-a', IJK=6,462,3, XB=-7.0,-5.5,0.0,115.5,2.5,3.25/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-a-a-merged-merged-a-b', IJK=17,76,4, XB=-4.25,0.0,93.75,112.75,2.5,3.5/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-a-a-merged-merged-b-b', IJK=28,152,8, XB=0.0,3.5,93.75,112.75,2.5,3.5/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-a-a-merged-merged-a-c-merged-merged', IJK=34,11,4, XB=-4.25,4.25,112.75,115.5,2.5,3.5/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-a-a-merged-merged-a-a-merged-merged', IJK=34,375,4, XB=-4.25,4.25,0.0,93.75,2.5,3.5/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-a-a-merged-merged-c-b', IJK=3,76,4, XB=3.5,4.25,93.75,112.75,2.5,3.5/
 &MESH ID='partie haute 3-b-b-b-b', IJK=6,462,3, XB=5.5,7.0,0.0,115.5,2.5,3.25/
 &MESH ID='partie haute 7-a', IJK=18,280,4, XB=-6.5,-4.25,0.0,35.0,3.25,3.75/
 &MESH ID='partie haute 7-c', IJK=18,280,4, XB=4.25,6.5,0.0,35.0,3.25,3.75/
 &MESH ID='partie haute 8-a', IJK=16,280,4, XB=-6.25,-4.25,0.0,35.0,3.75,4.25/
 &MESH ID='partie haute 8-b', IJK=68,280,6, XB=-4.25,4.25,0.0,35.0,3.5,4.25/
 &MESH ID='partie haute 8-c', IJK=16,280,4, XB=4.25,6.25,0.0,35.0,3.75,4.25/
 &MESH ID='partie haute 10', IJK=92,280,4, XB=-5.75,5.75,0.0,35.0,4.25,4.75/
 &MESH ID='partie haute 12', IJK=80,280,4, XB=-5.0,5.0,0.0,35.0,4.75,5.25/
 &MESH ID='partie haute 14', IJK=68,280,4, XB=-4.25,4.25,0.0,35.0,5.25,5.75/
 &MESH ID='partie haute 16', IJK=52,280,4, XB=-3.25,3.25,0.0,35.0,5.75,6.25/

&REAC ID='POLYURETHANE',
 FYI='NFPA Babrauskas',
 FUEL='REAC_FUEL',
 C=6.3,
 H=7.1,
 O=2.1,
 N=1.0,
 SOOT_YIELD=0.1,
 RADIATIVE_FRACTION=0.35/

&DEVC ID='THCP niveau quai 1m porte 1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,38.0,1.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1m porte 2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,38.0,1.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1m porte 3', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,68.0,1.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1m porte 4', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,68.0,1.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1,75m porte 1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1,75m porte 2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1,75 m porte 3', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 1,75 m porte 4', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 2m porte 1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 2m porte 2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 2m porte 3', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='THCP niveau quai 2m porte 4', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1m porte 01', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,55.25,4.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1m porte 02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,55.25,4.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1m porte 03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,77.5,4.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1m porte 04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,77.5,4.75/

&DEVC ID='THCP salle des billets 1,75m porte 01', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1,75m porte 02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1,75m porte 03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,77.5,5.5/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 1,75m porte 04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,77.5,5.5/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 2m porte 01', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,55.25,5.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 2m porte 02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,55.25,5.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 2m porte 03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='THCP salle des billets 2m porte 04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=-7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='visibilité 1,75m porte 1', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='visibilité 1,75m porte 2', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=-7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='visibilité 1,75m porte 3', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='visibilité 1,75m porte 4', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=-7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='visibilité salle des billets 1,75m porte 01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='visibilité salle des billets 1,75m porte 02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=-7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='visibilité salle des billets 1,75m porte 03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.75,77.5,5.5/
 &DEVC ID='visibilité salle des billets 1,75m porte 04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=-7.75,77.5,5.5/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1,75m porte 1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1,75m porte 2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,38.0,1.75/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1,75m porte 3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1,75m porte 4', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,68.0,1.75/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 2m porte 1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 2m porte 2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 2m porte 3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 2m porte 4', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1m porte 1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1m porte 2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,38.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1m porte 3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 niveau quai 1m porte 4', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,68.0,2.0/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1m porte 01', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,55.25,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1m porte 02', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,55.25,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1m porte 03', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1m porte 04', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 2m porte 01', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,55.25,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 2m porte 02', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,55.25,5.75/

&DEVC ID='CO2 salle des billets 2m porte 03', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 2m porte 04', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,77.5,5.75/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1,75m porte 01', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1,75m porte 02', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,55.25,5.5/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1,75m porte 03', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=7.75,77.5,5.5/
 &DEVC ID='CO2 salle des billets 1,75m porte 04', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=-7.75,77.5,5.5/

&SURF ID='Solid Glass',
 RGB=0,0,0,
 TRANSPARENCY=0.470588/

&SURF ID='aluminum 2',
 COLOR='GRAY 49'/

&SURF ID='feu',
 COLOR='RED',
 HRRPUA=185.185,
 TMP_FRONT=300.0/

&SURF ID='insufflation 25 m3/s',
 RGB=51,51,255,
 VOLUME_FLOW=-4.16/

&SURF ID='exhaust 40 m3/s',
 COLOR='WHITE',
 VOLUME_FLOW=8.0/

&SURF ID='exhaust 8 m3/s',
 RGB=153,102,255,
 VOLUME_FLOW=0.31/

&SURF ID='insufflation 15 m3/s',
 RGB=255,204,255,
 VOLUME_FLOW=-15.0/

&OBST ID='tunnel 1', XB=-8.5,8.5,-1.0,0.0,-4.25,7.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='tunnel 2', XB=-8.5,8.5,115.5,116.5,-4.25,4.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='fire Obstruction 3 a', XB=0.25,3.25,94.25,112.25,-0.25,0.0, SURF_IDS='feu','INERT','INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-7.25,-6.75,35.0,35.0,3.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.75,-6.5,35.0,35.0,3.5,5.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.5,-6.25,35.0,35.0,3.5,5.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.25,-6.0,35.0,35.0,3.75,5.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.0,-5.75,35.0,35.0,4.0,5.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.75,-5.5,35.0,35.0,4.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.5,-5.25,35.0,35.0,4.5,6.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.25,-4.75,35.0,35.0,4.75,6.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.75,-4.5,35.0,35.0,5.0,6.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.5,-4.0,35.0,35.0,5.25,6.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.0,-3.75,35.0,35.0,5.5,6.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.75,-3.5,35.0,35.0,5.5,6.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.5,-3.0,35.0,35.0,5.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.0,-2.25,35.0,35.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 1.STL', XB=-2.25,-2.0,35.0,35.0,6.0,7.0, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 1.STL', XB=-2.0,2.0,35.0,35.0,6.25,7.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=2.0,2.25,35.0,35.0,6.0,7.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=2.25,3.0,35.0,35.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.0,3.5,35.0,35.0,5.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.5,3.75,35.0,35.0,5.5,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.75,4.0,35.0,35.0,5.5,6.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.0,4.5,35.0,35.0,5.25,6.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.5,4.75,35.0,35.0,5.0,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.75,5.25,35.0,35.0,4.75,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.25,5.5,35.0,35.0,4.5,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.5,5.75,35.0,35.0,4.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.75,6.0,35.0,35.0,4.0,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.0,6.25,35.0,35.0,3.75,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.25,6.5,35.0,35.0,3.5,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.5,6.75,35.0,35.0,3.5,5.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.75,7.25,35.0,35.0,3.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.75,-3.25,0.0,35.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.75,-3.75,0.0,35.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.25,3.75,0.0,35.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.75,3.75,0.0,35.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-7.25,-7.25,0.0,35.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=7.25,7.25,0.0,35.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-7.0,-6.75,0.0,35.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.75,-6.5,0.0,35.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-7.0,-7.0,0.0,35.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.5,6.75,0.0,35.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.75,7.0,0.0,35.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=7.0,7.0,0.0,35.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.5,-6.375,0.0,35.0,3.375,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.375,-6.25,0.0,35.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.25,-6.125,0.0,35.0,3.625,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.5,-6.5,0.0,35.0,3.25,3.375, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.125,6.25,0.0,35.0,3.625,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.25,6.375,0.0,35.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.375,6.5,0.0,35.0,3.375,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.5,6.5,0.0,35.0,3.25,3.375, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.25,-6.0,0.0,35.0,3.75,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-6.0,-5.75,0.0,35.0,4.0,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.75,-5.625,0.0,35.0,4.125,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.625,5.75,0.0,35.0,4.125,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.75,6.0,0.0,35.0,4.0,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=6.0,6.25,0.0,35.0,3.75,4.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.75,-5.5,0.0,35.0,4.25,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.5,-5.375,0.0,35.0,4.375,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.375,-5.25,0.0,35.0,4.5,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.25,-5.125,0.0,35.0,4.625,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.125,-5.0,0.0,35.0,4.75,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.125,5.25,0.0,35.0,4.625,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.25,5.375,0.0,35.0,4.5,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.375,5.5,0.0,35.0,4.375,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.5,5.75,0.0,35.0,4.25,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=5.0,5.125,0.0,35.0,4.75,4.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-5.0,-4.875,0.0,35.0,4.75,5.25, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.875,-4.75,0.0,35.0,4.875,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.75,-4.625,0.0,35.0,5.0,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.625,-4.375,0.0,35.0,5.125,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.375,-4.25,0.0,35.0,5.25,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.375,4.625,0.0,35.0,5.125,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.625,4.75,0.0,35.0,5.0,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.75,4.875,0.0,35.0,4.875,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.875,5.0,0.0,35.0,4.75,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.25,4.375,0.0,35.0,5.25,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.25,-4.125,0.0,35.0,5.25,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-4.125,-3.875,0.0,35.0,5.375,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.875,-3.625,0.0,35.0,5.5,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.625,-3.375,0.0,35.0,5.625,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.375,-3.25,0.0,35.0,5.75,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.375,3.625,0.0,35.0,5.625,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.625,3.875,0.0,35.0,5.5,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.875,4.125,0.0,35.0,5.375,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=4.125,4.25,0.0,35.0,5.25,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.25,3.375,0.0,35.0,5.75,5.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.25,-3.0,0.0,35.0,5.75,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-3.0,-2.75,0.0,35.0,5.875,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-2.75,-2.25,0.0,35.0,6.0,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-2.25,-1.625,0.0,35.0,6.125,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=-1.625,-1.125,0.0,35.0,6.25,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=1.625,2.25,0.0,35.0,6.125,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=2.25,2.75,0.0,35.0,6.0,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=2.75,3.0,0.0,35.0,5.875,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=3.0,3.25,0.0,35.0,5.75,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 1.STL', XB=1.125,1.625,0.0,35.0,6.25,6.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.25,8.5,36.25,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.25,8.5,36.25,36.25,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.0,8.5,36.25,40.0,2.5,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.0,7.25,36.25,36.25,2.25,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.25,8.5,36.25,36.25,1.75,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=8.5,12.5,35.25,35.75,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=8.5,12.5,35.75,40.0,3.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=8.5,12.5,35.75,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=8.5,8.5,35.75,36.25,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=8.5,8.5,36.25,40.0,2.5,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=12.5,12.5,35.75,40.0,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.5,7.25,36.25,40.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.75,7.25,35.0,36.25,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=0.0,7.25,35.0,40.0,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=0.0,2.5,35.0,35.0,7.0,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=2.5,3.75,35.0,35.0,6.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=3.75,4.5,35.0,35.0,6.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=4.5,5.25,35.0,35.0,6.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=5.25,6.0,35.0,35.0,6.0,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.0,6.5,35.0,35.0,5.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.5,7.0,35.0,35.0,5.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.0,7.25,35.0,35.0,5.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.25,7.25,35.0,40.0,3.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=3.25,3.75,35.0,40.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=0.0,3.75,35.0,40.0,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=3.75,3.75,35.0,40.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=3.25,7.25,35.0,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.25,7.25,35.0,36.25,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.5,6.75,36.25,40.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=6.75,7.0,35.0,40.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 1.STL', XB=7.0,7.0,35.0,40.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=2.0,7.25,51.25,57.0,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,7.25,51.25,57.0,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=0.0,0.25,51.25,57.0,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,7.25,51.25,53.25,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,7.25,53.25,57.0,6.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,8.5,53.25,57.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,8.5,53.25,53.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,40.0,46.5,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,8.5,40.0,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=12.5,12.5,40.0,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,41.0,41.25,4.5,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,41.0,41.0,4.25,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,8.5,41.0,53.25,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=12.5,12.5,41.0,57.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,42.25,42.5,5.25,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,8.5,42.25,53.25,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=12.5,12.5,42.25,57.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,43.5,43.75,6.0,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,8.5,43.5,53.25,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=12.5,12.5,43.5,57.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,12.5,44.75,57.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=8.5,8.5,44.75,53.25,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=12.5,12.5,44.75,57.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=5.75,7.25,50.0,50.5,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.0,7.25,45.5,50.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.25,7.25,41.0,45.5,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.5,7.25,40.0,41.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=0.0,7.25,40.0,50.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,7.25,40.0,50.5,3.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=3.25,3.75,40.0,57.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=0.0,3.75,40.0,57.0,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=3.75,3.75,40.0,57.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=3.25,7.25,40.0,57.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.25,7.25,40.0,57.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=0.0,4.25,51.5,57.0,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=5.5,6.75,51.5,57.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=5.75,6.75,50.0,51.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.0,6.75,45.5,50.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.25,6.75,41.0,45.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.5,6.75,40.0,41.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=6.75,7.0,40.0,57.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 2.STL', XB=7.0,7.0,40.0,57.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=2.0,7.25,57.0,69.75,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,7.25,57.0,69.75,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,7.25,57.0,69.75,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,8.5,66.0,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,8.5,66.0,66.0,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.0,8.5,66.0,69.75,2.5,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.0,7.25,66.0,66.0,2.25,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,8.5,66.0,66.0,1.75,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,66.0,69.75,3.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,58.75,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,58.75,66.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,66.0,69.75,2.5,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,66.0,69.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,58.75,66.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,66.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,57.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,57.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,66.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,57.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,57.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,66.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,57.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,57.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,57.0,66.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,12.5,66.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=8.5,8.5,57.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=12.5,12.5,57.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=3.25,3.75,57.0,69.75,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=0.0,3.75,57.0,69.75,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=3.75,3.75,57.0,69.75,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=3.25,7.25,57.0,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.25,7.25,57.0,66.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=0.0,4.25,57.0,69.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=5.5,6.75,57.0,69.75,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=6.75,7.0,57.0,69.75,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 3.STL', XB=7.0,7.0,57.0,69.75,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,8.5,75.25,79.5,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,8.5,75.25,75.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,8.5,79.5,79.5,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=8.5,13.0,75.25,79.5,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=8.5,13.0,75.25,75.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=8.5,13.0,79.5,79.5,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=2.0,7.25,69.75,80.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,7.25,69.75,80.5,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,7.25,69.75,75.25,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,7.25,79.5,80.5,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,7.25,75.25,79.5,6.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=8.5,12.5,69.75,70.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=3.25,3.75,69.75,80.5,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=0.0,3.75,69.75,80.5,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=3.75,3.75,69.75,80.5,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=3.25,7.25,69.75,80.5,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.25,7.25,69.75,80.5,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=0.0,4.25,69.75,80.5,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=5.5,6.75,69.75,80.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=6.75,7.0,69.75,80.5,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 4.STL', XB=7.0,7.0,69.75,80.5,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-8.5,-7.25,75.25,79.5,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-8.5,-7.25,75.25,75.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-8.5,-7.25,79.5,79.5,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-13.0,-8.5,75.25,79.5,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-13.0,-8.5,75.25,75.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-13.0,-8.5,79.5,79.5,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-3.5,-2.0,69.75,75.25,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-2.0,75.25,80.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-7.25,75.25,80.5,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-7.25,79.5,80.5,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-7.25,75.25,79.5,6.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-12.5,-8.5,69.75,70.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-3.75,-3.25,69.75,80.5,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-3.75,0.0,69.75,80.5,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-3.75,-3.75,69.75,80.5,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-3.25,69.75,80.5,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.25,-7.25,69.75,80.5,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.0,-6.75,69.75,80.5,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-6.75,-5.5,69.75,80.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-7.0,-7.0,69.75,80.5,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 1.STL', XB=-4.25,0.0,69.75,80.5,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-3.5,-2.0,57.0,69.75,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-7.25,66.0,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-7.25,66.0,66.0,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-7.0,66.0,69.75,2.5,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-7.25,66.0,66.0,1.75,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-7.25,-7.0,66.0,66.0,2.25,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,66.0,69.75,3.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,58.75,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,66.0,69.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,58.75,66.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,58.75,66.0,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,66.0,69.75,2.5,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,66.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,57.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,57.0,66.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,66.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,57.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,57.0,66.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,66.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,57.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,57.0,66.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,57.0,66.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-8.5,66.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-12.5,-12.5,57.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-8.5,-8.5,57.0,66.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-3.75,-3.25,57.0,69.75,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-3.75,0.0,57.0,69.75,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-3.75,-3.75,57.0,69.75,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-7.25,-3.25,57.0,69.75,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-7.25,-7.25,57.0,66.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-7.0,-6.75,57.0,69.75,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-6.75,-5.5,57.0,69.75,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-7.0,-7.0,57.0,69.75,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 2.STL', XB=-4.25,0.0,57.0,69.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,0.0,51.25,57.0,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-7.25,51.25,57.0,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-7.25,51.25,53.25,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-7.25,53.25,57.0,6.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-7.25,53.25,57.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-7.25,53.25,53.25,3.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,40.0,46.5,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-12.5,40.0,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-8.5,40.0,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,41.0,41.25,4.5,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,41.0,41.0,4.25,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-12.5,41.0,57.0,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-8.5,41.0,53.25,3.75,4.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,42.25,42.5,5.25,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-12.5,42.25,57.0,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-8.5,42.25,53.25,4.5,5.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,43.5,43.75,6.0,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-12.5,43.5,57.0,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-8.5,43.5,53.25,5.25,6.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-8.5,44.75,57.0,6.75,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-12.5,-12.5,44.75,57.0,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-8.5,-8.5,44.75,53.25,6.0,6.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-6.5,40.0,41.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-6.25,41.0,45.5,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-6.0,45.5,50.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-5.75,50.0,50.5,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,0.0,40.0,50.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-7.25,40.0,50.5,3.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-3.75,-3.25,40.0,57.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-3.75,0.0,40.0,57.0,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-3.75,-3.75,40.0,57.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-3.25,40.0,57.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.25,-7.25,40.0,57.0,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.0,-6.75,40.0,57.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-6.75,-6.5,40.0,41.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-6.75,-6.25,41.0,45.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-6.75,-6.0,45.5,50.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-6.75,-5.75,50.0,51.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-6.75,-5.5,51.5,57.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-7.0,-7.0,40.0,57.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 3.STL', XB=-4.25,0.0,51.5,57.0,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-7.25,36.25,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-7.25,36.25,36.25,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-7.0,36.25,40.0,2.5,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-7.25,36.25,36.25,1.75,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-7.0,36.25,36.25,2.25,2.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-12.5,-8.5,35.25,35.75,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-12.5,-8.5,35.75,40.0,3.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-12.5,-8.5,35.75,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-12.5,-12.5,35.75,40.0,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-8.5,35.75,36.25,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-8.5,-8.5,36.25,40.0,2.5,3.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-6.75,35.0,36.25,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-6.5,36.25,40.0,3.5,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,0.0,35.0,40.0,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-7.0,35.0,35.0,5.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.0,-6.5,35.0,35.0,5.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-6.5,-6.0,35.0,35.0,5.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-6.0,-5.25,35.0,35.0,6.0,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-5.25,-4.5,35.0,35.0,6.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-4.5,-3.75,35.0,35.0,6.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-3.75,-2.5,35.0,35.0,6.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-2.5,0.0,35.0,35.0,7.0,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-7.25,35.0,40.0,3.75,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-3.75,-3.25,35.0,40.0,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-3.75,0.0,35.0,40.0,-2.25,-2.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-3.75,-3.75,35.0,40.0,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-3.25,35.0,40.0,0.0,0.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.25,-7.25,35.0,36.25,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.0,-6.75,35.0,40.0,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-6.75,-6.5,36.25,40.0,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 2 b 4.STL', XB=-7.0,-7.0,35.0,40.0,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=2.0,7.25,80.5,84.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=2.0,7.25,84.5,84.5,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=0.0,7.25,84.5,84.5,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=3.25,3.75,80.5,115.5,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=3.75,3.75,80.5,115.5,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=7.25,7.25,80.5,93.75,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=7.25,7.25,93.75,112.75,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=7.25,7.25,112.75,115.5,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=0.0,3.5,93.75,112.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=0.0,4.25,112.75,115.5,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=0.0,4.25,80.5,93.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=3.5,4.25,93.75,112.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=5.5,6.75,80.5,115.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=6.75,7.0,80.5,115.5,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_a.STL', XB=7.0,7.0,80.5,115.5,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,-2.0,80.5,84.5,8.25,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,-2.0,84.5,84.5,7.5,8.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,0.0,84.5,84.5,3.75,7.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-3.75,-3.25,80.5,115.5,-0.25,0.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-3.75,-3.75,80.5,115.5,-2.25,-0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,-7.25,93.75,112.75,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,-7.25,80.5,93.75,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.25,-7.25,112.75,115.5,1.5,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.0,-6.75,80.5,115.5,2.75,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-6.75,-5.5,80.5,115.5,3.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-7.0,-7.0,80.5,115.5,2.5,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-4.25,0.0,93.75,112.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-4.25,0.0,112.75,115.5,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='corps 3_b.STL', XB=-4.25,0.0,80.5,93.75,3.5,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,51.25,51.5,4.25,4.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,51.25,51.5,4.5,4.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.5,51.25,51.5,3.75,3.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.25,51.25,51.5,5.5,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,51.25,51.5,4.0,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,51.25,51.5,5.25,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.5,-2.5,51.25,51.5,5.75,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.75,-1.25,51.25,51.5,6.0,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.0,2.0,51.25,51.5,6.25,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=1.25,2.75,51.25,51.5,6.0,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.5,3.5,51.25,51.5,5.75,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.25,4.0,51.25,51.5,5.5,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,3.75,51.25,51.5,5.25,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,4.0,51.25,51.5,4.0,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,4.25,51.25,51.5,3.75,3.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.75,4.0,51.25,51.5,4.75,4.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.0,4.25,51.25,51.5,5.25,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,51.5,51.5,3.75,4.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,51.5,51.5,4.5,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,51.5,51.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,51.5,51.5,5.25,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.5,-3.25,51.5,51.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.75,-2.5,51.5,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.0,-1.25,51.5,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=1.25,2.0,51.5,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.5,2.75,51.5,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.25,3.5,51.5,51.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,3.75,51.5,51.5,5.25,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,4.0,51.5,51.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.75,4.0,51.5,51.5,4.75,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.0,4.25,51.5,51.5,3.75,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-4.0,51.25,51.5,3.75,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.75,51.25,51.5,4.0,4.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.75,51.25,51.5,4.5,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.5,-3.5,51.25,51.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.5,-3.5,51.25,51.5,5.25,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.25,-3.25,51.25,51.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.75,-2.75,51.25,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.5,-2.5,51.25,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.0,-2.0,51.25,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-1.25,-1.25,51.25,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=1.25,1.25,51.25,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.0,2.0,51.25,51.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.5,2.5,51.25,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.75,2.75,51.25,51.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.25,3.25,51.25,51.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,3.5,51.25,51.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,3.5,51.25,51.5,5.25,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.75,3.75,51.25,51.5,4.75,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.0,4.0,51.25,51.5,4.0,4.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.0,4.0,51.25,51.5,5.25,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.25,4.25,51.25,51.5,3.75,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,50.5,50.5,3.75,4.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-4.0,-3.75,50.5,50.5,4.5,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,50.5,50.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-3.75,-3.5,50.5,50.5,5.25,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='Shape006', XB=-3.5,-3.25,50.5,50.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.75,-2.5,50.5,50.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=-2.0,-1.25,50.5,50.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=1.25,2.0,50.5,50.5,6.0,6.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=2.5,2.75,50.5,50.5,5.75,6.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.25,3.5,50.5,50.5,5.5,5.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,3.75,50.5,50.5,5.25,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.5,4.0,50.5,50.5,3.75,4.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=3.75,4.0,50.5,50.5,4.75,5.5, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape006', XB=4.0,4.25,50.5,50.5,3.75,5.25, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.0,7.25,51.5,51.5,7.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,0.25,51.5,51.5,7.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-7.25,51.25,51.5,7.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-0.5,-0.5,51.25,51.5,7.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-7.0,51.25,51.5,6.5,6.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-4.0,51.25,51.5,3.75,3.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-4.0,-3.5,51.25,51.5,5.5,5.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-3.5,-2.75,51.25,51.5,5.75,5.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.75,-2.0,51.25,51.5,6.0,6.0, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.0,2.0,51.25,51.5,6.25,6.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.0,2.75,51.25,51.5,6.0,6.0, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.75,3.5,51.25,51.5,5.75,5.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=3.5,4.0,51.25,51.5,5.5,5.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.0,4.25,51.25,51.5,5.25,5.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.25,7.25,51.25,51.5,3.75,3.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-4.0,51.5,51.5,3.75,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-4.0,-3.5,51.5,51.5,5.5,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-3.5,-2.75,51.5,51.5,5.75,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.75,-2.0,51.5,51.5,6.0,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.0,2.0,51.5,51.5,6.25,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.0,2.75,51.5,51.5,6.0,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.75,3.5,51.5,51.5,5.75,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=3.5,4.0,51.5,51.5,5.5,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.0,4.25,51.5,51.5,5.25,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.25,7.25,51.5,51.5,3.75,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-7.25,51.25,51.5,3.75,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-4.0,-4.0,51.25,51.5,3.75,5.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-3.5,-3.5,51.25,51.5,5.5,5.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.75,-2.75,51.25,51.5,5.75,6.0, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.0,-2.0,51.25,51.5,6.0,6.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-0.5,-0.5,51.25,51.5,6.25,7.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.0,2.0,51.25,51.5,6.0,6.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.75,2.75,51.25,51.5,5.75,6.0, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=3.5,3.5,51.25,51.5,5.5,5.75, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.0,4.0,51.25,51.5,5.25,5.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=4.25,4.25,51.25,51.5,3.75,5.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=7.25,7.25,51.25,51.5,6.25,6.5, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-7.25,-4.0,50.5,50.5,3.75,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-4.0,-3.5,50.5,50.5,5.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-3.5,-2.75,50.5,50.5,5.75,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.75,-2.0,50.5,50.5,6.0,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=-2.0,2.0,50.5,50.5,6.25,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Shape007', XB=2.0,2.75,50.5,50.5,6.0,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='Shape007', XB=2.75,3.5,50.5,50.5,5.75,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape007', XB=3.5,4.0,50.5,50.5,5.5,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape007', XB=4.0,4.25,50.5,50.5,5.25,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Shape007', XB=4.25,7.25,50.5,50.5,3.75,8.25, RGB=255,179,255, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='RailClone004', XB=-4.0,4.25,51.25,51.25,3.75,6.5, RGB=0,0,0, TRANSPARENCY=0.470588,
 SURF_ID='Solid Glass'/
 &OBST ID='Line007', XB=-7.25,-5.25,57.0,57.0,7.5,8.25, RGB=0,0,0, TRANSPARENCY=0.470588,
 SURF_ID='Solid Glass'/
 &OBST ID='Line007', XB=-7.25,-5.0,75.25,75.25,7.5,8.25, RGB=0,0,0, TRANSPARENCY=0.470588,
 SURF_ID='Solid Glass'/
 &OBST ID='Line007', XB=-7.25,-5.25,57.0,57.0,4.75,7.5, RGB=0,0,0, TRANSPARENCY=0.470588,
 SURF_ID='Solid Glass'/
 &OBST ID='Line007', XB=-7.25,-5.0,75.25,75.25,4.75,7.5, RGB=0,0,0, TRANSPARENCY=0.470588,
 SURF_ID='Solid Glass'/
 &OBST ID='Line006', XB=-7.25,-5.25,57.0,57.0,3.75,4.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='Line006', XB=-7.25,-5.0,75.25,75.25,3.75,4.75, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,64.75,65.25,0.0,0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,64.5,64.75,0.0,0.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,64.0,64.5,0.0,0.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,63.75,64.0,0.0,1.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,63.25,63.75,0.0,1.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,62.75,63.25,0.0,1.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,62.25,62.75,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,61.75,62.25,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,61.5,61.75,0.0,2.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,61.0,61.5,0.0,2.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,60.75,61.0,0.0,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,60.25,60.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,60.0,60.25,0.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,59.5,60.0,0.0,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,58.75,59.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,40.0,40.5,0.0,0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,40.5,40.75,0.0,0.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,40.75,41.25,0.0,0.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,41.25,41.5,0.0,1.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,41.5,42.0,0.0,1.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,42.0,42.5,0.0,1.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,42.5,42.75,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,42.75,43.25,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,43.25,43.5,0.0,2.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,43.5,44.0,0.0,2.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,44.0,44.25,0.0,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,44.25,44.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,44.75,45.25,0.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,45.25,45.75,0.0,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=8.5,12.5,45.75,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,40.0,40.5,0.0,0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,40.5,40.75,0.0,0.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,40.75,41.25,0.0,0.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,41.25,41.5,0.0,1.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,41.5,42.0,0.0,1.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,42.0,42.5,0.0,1.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,42.5,42.75,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/

&OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,42.75,43.25,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,43.25,43.5,0.0,2.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,43.5,44.0,0.0,2.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,44.0,44.25,0.0,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,44.25,44.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,44.75,45.25,0.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,45.25,45.75,0.0,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,45.75,46.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,64.75,65.25,0.0,0.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,64.5,64.75,0.0,0.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,64.0,64.5,0.0,0.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,63.75,64.0,0.0,1.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,63.25,63.75,0.0,1.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,62.75,63.25,0.0,1.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,62.25,62.75,0.0,1.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,61.75,62.25,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,61.5,61.75,0.0,2.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,61.0,61.5,0.0,2.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,60.75,61.0,0.0,2.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,60.25,60.75,0.0,3.0, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,60.0,60.25,0.0,3.25, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,59.5,60.0,0.0,3.5, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='escaliers.STL', XB=-12.5,-8.5,58.75,59.5,0.0,3.75, SURF_ID='INERT'/
 &OBST ID='railcolum1.STL', XB=-2.0,-0.25,57.5,75.25,7.5,7.5, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='railcolum1.STL', XB=-2.0,-0.25,75.25,84.5,7.5,7.5, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='railcolum2.STL', XB=0.25,2.0,51.5,57.0,7.5,7.5, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='railcolum2.STL', XB=0.25,2.0,57.0,75.25,7.5,7.5, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='railcolum2.STL', XB=0.25,2.0,75.25,84.5,7.5,7.5, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='blabla.STL', XB=4.25,5.25,0.0,115.5,2.75,2.75, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/
 &OBST ID='blabla.STL', XB=-5.25,-4.25,0.0,115.5,2.75,2.75, COLOR='GRAY 49', SURF_ID='alluminum 2'/

&VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 001 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-14.0,-14.0,74.25,80.5,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 001 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-14.0,-13.0,80.5,80.5,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 001 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-14.0,-13.0,74.25,74.25,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 001 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-14.0,-13.0,74.25,80.5,7.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 002 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=14.0,14.0,74.25,80.5,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 002 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=13.0,14.0,80.5,80.5,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 002 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=13.0,14.0,74.25,74.25,3.75,7.75/
 &VENT ID='Mesh Vent: porte d'entrée 002 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=13.0,13.993201,74.25,80.5,7.75,7.75/
 &VENT ID='vent 1 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,65.2,66.2,7.5,7.5, IOR=-3/
 &VENT ID='vent 2 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,63.7,64.7,7.5,7.5, IOR=-3/
 &VENT ID='vent 3 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,62.2,63.2,7.5,7.5, IOR=-3/
 &VENT ID='vent 4 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,60.7,61.7,7.5,7.5, IOR=-3/

&VENT ID='vent 5 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,59.2,60.2,7.5,7.5, IOR=-3/
 &VENT ID='vent 6 salle des billets', SURF_ID='insuflation 25 m3/s', XB=-1.423616,-0.823616,57.7,58.7,7.5,7.5, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent sous mezzanine 1', SURF_ID='exhaust 40 m3/s', XB=-0.55,0.55,102.0,102.55,3.5,3.5, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent sous mezzanine 2', SURF_ID='exhaust 40 m3/s', XB=-0.55,0.55,103.32,103.87,3.5,3.5, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent sous mezzanine 3', SURF_ID='exhaust 40 m3/s', XB=-0.55,0.55,104.64,105.19,3.5,3.5, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent sous mezzanine 4', SURF_ID='exhaust 40 m3/s', XB=-0.55,0.55,105.96,106.51,3.5,3.5, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent sous mezzanine 5', SURF_ID='exhaust 40 m3/s', XB=-0.55,0.55,107.28,107.83,3.5,3.5, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 1', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,112.04,112.66,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 2', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,103.04,103.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 3', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,94.04,94.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 4', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,85.04,85.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 5', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,76.04,76.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 6', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,67.04,67.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 7', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,58.04,58.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 8', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,49.04,49.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 9', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,40.04,40.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 10', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,31.04,31.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 11', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,22.04,22.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 12', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,13.04,13.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai droit 13', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=4.55,5.15,4.04,4.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 1', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,112.04,112.66,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 2', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,103.04,103.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 3', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,94.04,94.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 4', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,85.04,85.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 5', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,76.04,76.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 6', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,67.04,67.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 7', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,58.04,58.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 8', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,49.04,49.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 9', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,40.04,40.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 10', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,31.04,31.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 11', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,22.04,22.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 12', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,13.04,13.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='vent quai gauche 13', SURF_ID='exhaust 8 m3/s', XB=-5.15,-4.55,4.04,4.64,2.75,2.75, IOR=-3/
 &VENT ID='Vent tunnel 1', SURF_ID='insufflation 15 m3/s', XB=-8.5,8.5,0.0,0.0,-4.25,7.0, IOR=2/
 &VENT ID='Vent tunnel 2', SURF_ID='insufflation 15 m3/s', XB=-8.5,8.5,115.5,115.5,-4.25,4.0, IOR=-2/

 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=-10.5/
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=-10.5/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=-10.5/
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=10.5/
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=10.5/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=10.5/
 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=4.75/
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=4.75/

