



Efectis France
Espace Technologique
Bâtiment Apollo
Route de l'Orme des Merisiers
F-91193 Saint-Aubin
Tél : 33 (0)1 60 13 83 80

NOTE DE PRINCIPES

Référence : **23-000370b-GRO**

Affaire : **22-005215-SA**

ETUDES D'INGENIERIE INCENDIE DANS LE CADRE DU DEVELOPPEMENT D'UNE BASE LOGISTIQUE A GONESSE (95)

NOTE DE GRANDS PRINCIPES STRUCTURELS POUR LE MODE DE RUINE

Client demandeur ALSEI

Référence et date de commande Commande du 04/01/2023 suite à offre n°22-003157-PVH

Projet Base logistique – Gonesse (95)

Date : 03/03/2023
Indice de révision : B
Nombre de pages : 17

Auteur :
Georges ROUFAEL

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	13/02/2023	Version initiale
B	04/04/2023	Modification du degré de stabilité des murs séparatifs de REI120 à REI 240 a la demande des autorités (réunion du 15/03/2023)

Ce document annule et remplace les versions précédentes.

SOMMAIRE

1. Introduction.....	4
2. Documents de référence	5
2.1. Documents fournis par le client	5
2.1.1. Plans et coupes :	5
2.1.2. Note de faisabilité :	5
2.2. Textes réglementaires et normatifs	5
2.3. Autres documents de référence	5
3. Présentation du projet.....	6
3.1. Généralités	6
3.2. Description de la structure porteuse.....	7
4. Objectifs de sécurité et methodologie associee	9
4.1. Objectifs de sécurité	9
4.2. Méthodologie associée	10
5. Comportement au feu des structures en jeu	11
5.1. Phénomènes mis en jeu	11
5.2. Principes constructifs dans la zone de stockage 1510 au RDC.....	12
6. Conclusions	17

1. INTRODUCTION

Efectis travaille depuis plusieurs années en partenariat avec les bureaux d'études, constructeurs et donneurs d'ordre pour développer des bases logistiques partout en France.

La société ALSEI, par l'intermédiaire de SDE-B27 a sollicité Efectis pour réaliser un accompagnement et des études pour le développement d'un bâtiment composé d'une base logistique (classée au titre de la rubrique 1510) au RDC avec une mezzanine en R+1, et une zone d'activités (soumis au code de travail) au R+2 avec une mezzanine en R+3, à GONESSE (95).

L'accompagnement proposé par Efectis intègre les missions suivantes :

- Analyse préliminaire du projet avant dépôt du PC et du dossier d'enregistrement
- Analyse approfondie de l'évacuation du R+2 avec R+3/mezzanine ;
- Grands principes des études de mode de ruine des structures ;

Le présent document concerne le dernier volet (études de mode de ruine). Il fait la synthèse des grands principes à retenir en phase conception pour maximiser les chances d'obtenir des résultats en cohérence avec la réglementation et les exigences de mode de ruine des structures porteuses.



Figure 1-1: Vue en perspective du bâtiment

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

2.1.1. Plans et coupes :

- [1] PC5.1 Façades.pdf
- [2] PC5.2 Plan de toiture.pdf
- [3] PC5.3 Plan du RDC.pdf
- [4] PC5.4 Plan du R+1_Mezzanine.pdf
- [5] PC5.5 Plan du R+2.pdf
- [6] PC5.6 Plan du R+3_Mezzanine.pdf
- [7] PC3 Coupes.pdf

2.1.2. Note de faisabilité :

- [8] ALSEI GONESSE Faisabilité structure 12-12-2022.pdf

2.2. TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

- [9] Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages (modifié le 14/03/2011) ;
- [10] Arrêté du 24 septembre 2020 modifiant l'arrêté ministériel du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, ainsi que les arrêtés de prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à enregistrement sous les rubriques n° 1511, 1530, 1532, 2662 et 2663. NOR: TREP2009123A ;
- [11] Ensembles des Eurocodes :
 - a. NF EN 1990 et Annexe Nationale : « Eurocode 0 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures », Mars 2003 et NF EN 1990/NA, Décembre 2011 ;
 - b. NF EN 1990/A1 et Annexe Nationale : « Eurocode 0 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures », Juillet 2006 et NF EN 1990/A1/NA, Décembre 2011 ;
 - c. NF EN 1991-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-2 : Actions générales – Actions sur les structures exposées au feu », Juillet 2003 et NF EN 1991-1-2/NA, Février 2007 ;
 - d. NF EN 1992-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu », Octobre 2005 et NF EN 1992-1-2/NA, Octobre 2007 ;
 - e. NF EN 1993-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu », Novembre 2005 et NF EN 1993-1-2/NA, Octobre 2007 ;
- [12] Règles FB – Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton – P92- 701. Décembre 1993 ;

2.3. AUTRES DOCUMENTS DE REFERENCE

- [13] Description de la méthode de calcul des effets thermiques produit par un feu d'entrepôt - Partie A – Réf. : DRA-09-90977-14553A Version 2 – INERIS, CTICM, CNPP, IRSN, Efectis ; août 2011 » ;
- [14] Installations classées et protection de l'environnement – Livre I – Ingénierie de la sécurité Incendie – Guide de conception et de calcul des structures en béton en situation d'incendie, ACOB/CSTB/CIMBETON/SAFEGE/CERIB, document non daté, réf : CT-B59 ;

3. PRESENTATION DU PROJET

3.1. GENERALITES

Le projet de construction consiste en la création d'un entrepôt avec :

- Au rez-de-chaussée, des cellules de stockage inférieures à 3 000 m² séparées par des murs REI240.
- A l'Est, des mezzanines seront présentes (appelées R+1/mezzanine dans les plans fournis).
- Un plancher REI120 entre RDC et R+2 suite aux demandes des autorités (la structure sera donc R120 au RDC).
- Au R+2, une zone d'activité à l'Est et une à l'Ouest séparées par une aire de stationnement centrale à l'air libre. D'une manière similaire au RDC les différentes cellules de cette zone d'activité sont séparés par des murs coupe-feu REI120 et REI240.
- A l'Est, des mezzanines seront présentes (appelées R+3/mezzanine dans les plans fournis).



Figure 3-1: Vue en plan du RDC[3]

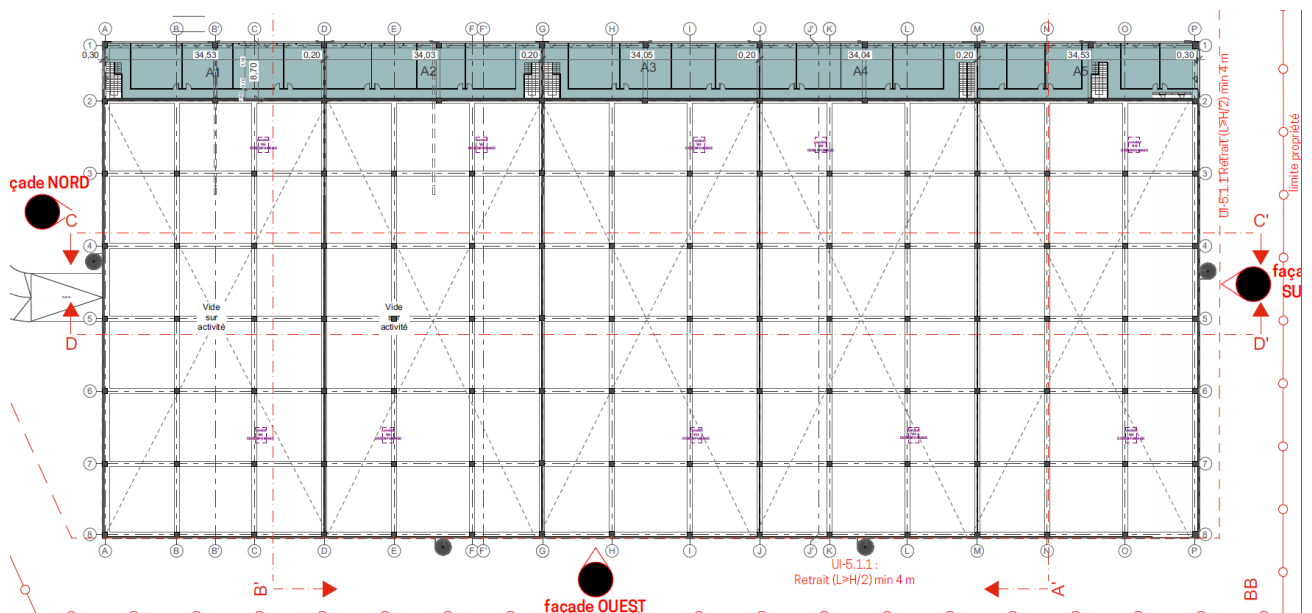


Figure 3-2: Vue en plan du R+1 (Mezzanine du RDC)[4]



Figure 3-3: Vue en plan du R+2 (Zone d'activité + aire de stationnement)[5]

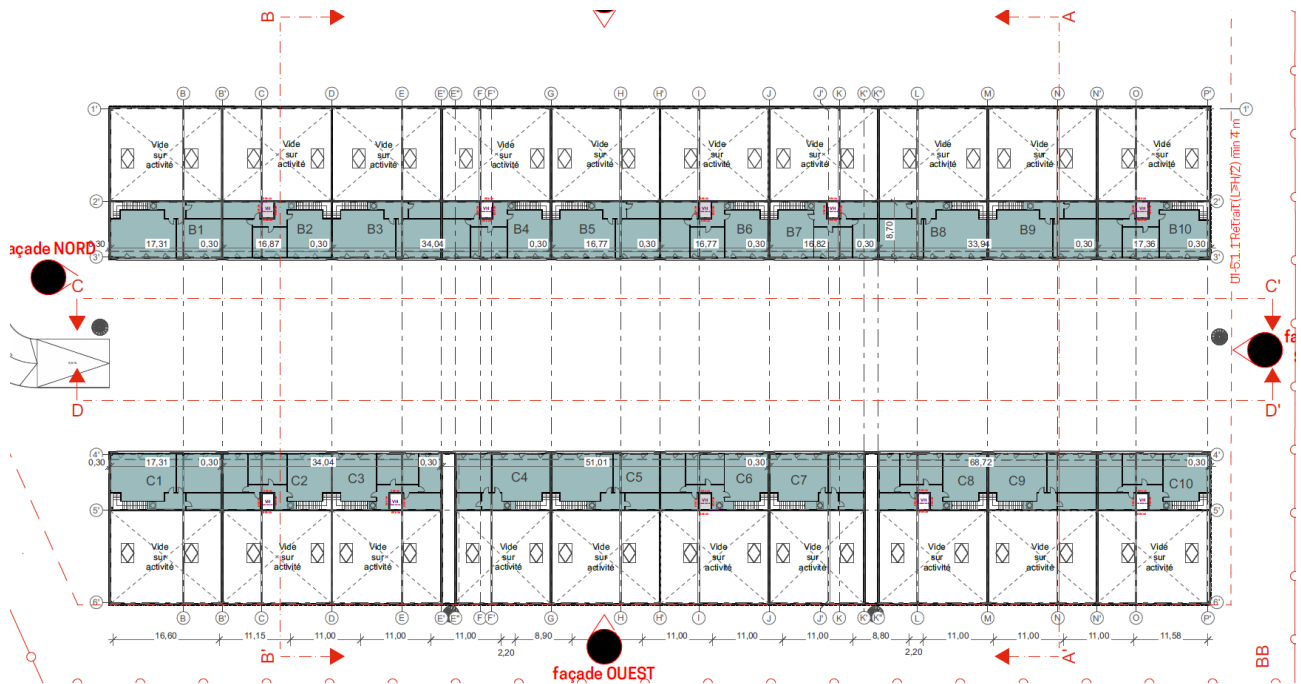


Figure 3-4: Vue en plan du R+3 (Mezzanine du R+2)[6]

3.2. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE PORTEUSE

Le détail complet des structures porteuses de l'ouvrage n'est pas complètement connu ni figé compte-tenu de l'avancement du projet. Il est cependant possible de retenir les éléments suivants au regard des informations transmises par le demandeur de l'étude.

- Les structures porteuses sont en béton armé et/ou précontraint.
- La structure porteuse de l'ensemble des niveaux est basée sur un schéma poteaux/poutres/dalles (pleines ou alvéolaires).

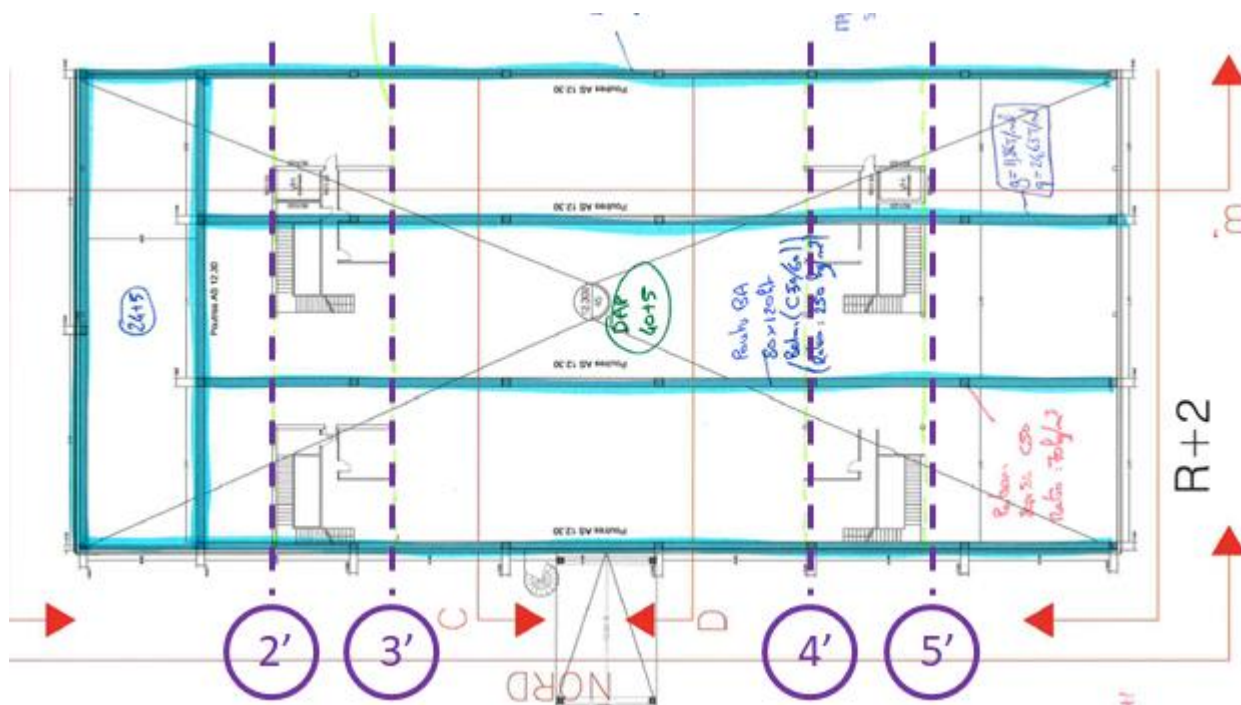


Figure 3-5: Exemple de la structure porteuse du plancher du R+2

4. OBJECTIFS DE SECURITE ET METHODOLOGIE ASSOCIEE

4.1. OBJECTIFS DE SECURITE

Pour les zones classées suivant la rubrique 1510, il est rappelé que les dispositions constructives définies à l'article 4 de l'annexe 2 de l'arrêté du 11 avril 2017 modifié [10] doivent être respectées et qu'il convient de justifier que la cinétique d'incendie est compatible avec l'intervention des services de secours et la mise en sécurité des tiers à l'étage.

Parmi les dispositions prescrites on retrouve des exigences concernant la structure et notamment ce que l'on peut appeler les modes de ruine de la structure en cas d'incendie. Le paragraphe 4 de l'annexe II de l'arrêté indique : « *Les dispositions constructives visent à ce que la cinétique d'incendie soit compatible avec l'évacuation des personnes, l'intervention des services de secours et la protection de l'environnement. Elles visent notamment à ce que la ruine d'un élément de structure (murs, toiture, poteaux, poutres par exemple) suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment, notamment les cellules de stockage avoisinantes, ni de leurs dispositifs de recoupement, et ne conduit pas à l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu.* »

En termes de résistance au feu des structures, il est donc nécessaire de démontrer que la cinétique de l'incendie est compatible avec l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours, et que les principes constructifs retenus évitent la ruine d'éléments de structure vers l'extérieur et la ruine en chaîne des dispositifs de recoupement

Ces objectifs peuvent se traduire, pour le bâtiment projeté sous la forme de plusieurs exigences fonctionnelles :

- Critère de non effondrement prématuré : la ruine d'un élément structurel du bâtiment suite à un sinistre est compatible avec l'évacuation des occupants.
- Critère de non ruine en chaîne : la ruine d'un élément structurel du bâtiment suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment ou de zones où les conditions sont praticables, ce qui conduirait à des risques pour les personnes à l'intérieur de la zone sinistrée, dans les cellules adjacentes ou pour les tiers à l'étage. Compte tenu de la conception multiniveaux, on ne peut toutefois pas exclure de ruine en chaîne au-delà de la durée de stabilité réglementaire du bâtiment.
- Critère de non effondrement vers l'extérieur : La ruine des éléments structurels ne conduit pas à l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu, ce qui conduirait à des risques pour les personnels d'intervention au cours de leur lutte à l'extérieur du bâtiment.
- Critère sur le compartimentage : La ruine d'un élément structurel n'entraîne pas la ruine prématurée du dispositif de recoupement (exemple : mur séparatif ou plancher entre deux cellules). Dans le cas des cellules avec planchers intermédiaires, la ruine en chaîne verticale des planchers béton suite à la défaillance d'un(e) plancher/poutre/panne de toiture ne peut être exclue. Par conséquent, la tenue au feu des poutres et pannes devra être ramenée au degré de compartimentage des planchers coupe-feu.

La structure principale comprend : les poutres, les poteaux, les portiques, les systèmes de contreventement, les éléments d'anti-flambement, les murs et panneaux porteurs, les planchers, les poutres supports et tout autre élément participant à la stabilité de l'ouvrage.

Ne font pas partie de la structure les pannes, sauf celles utilisées comme éléments de stabilité, les remplissages, les cloisons, la couverture et les habillages. Dans le cas des zones sur plusieurs niveaux de ce projet, dans la mesure où la ruine des pannes et poutres de toiture pourrait entraîner une ruine en chaîne verticale des planchers de compartimentage, il sera nécessaire de les considérer comme des éléments de structure principale afin de maintenir leur tenue au feu pendant toute la durée de compartimentage imposée. Par contre, au-delà de cette durée, la non-ruine en chaîne de cellules superposées ne peut être exclue.

Nous détaillerons dans cette note de principe les spécificités des phénomènes en jeu vis-à-vis des exigences à vérifier. Les principes constructifs seront également détaillés et l'analyse de leur incidence dans le but de vérifier ces critères.

4.2. METHODOLOGIE ASSOCIEE

Concernant ces objectifs de sécurité et leurs exigences associées, il convient classiquement de réaliser une étude spécifique permettant la démonstration de leurs atteintes comprenant les étapes suivantes :

1. Identifier les scénarios incendie les plus probables et défavorables dans les cellules/zones vis-à-vis des éléments structuraux.
2. Modéliser ces scénarios numériquement à l'aide d'un logiciel CFD. Cela permettra de déterminer les actions thermiques sur les éléments structurels avec une répartition spatiale et temporelle.
3. Modéliser les éléments de structure du bâtiment en deux ou trois dimensions à l'aide d'un logiciel thermo-élasto-plastique aux éléments finis, en considérant les lois de comportement définies dans l'Eurocode 2 partie 1-2 [11]d (structures en béton) :
4. Réaliser les calculs de transfert thermique en prenant en compte la nature des éléments structurels et les actions thermiques déterminées précédemment ;
5. Réaliser les calculs de déformation et de résistance de la structure en situation d'incendie afin d'analyser le comportement thermomécanique de la structure et de s'assurer que les critères de performance définis au paragraphe précédent sont bien vérifiés.

Les objectifs à atteindre et la méthodologie associée aux études ayant été rappelés, il convient alors de procéder à une analyse du risque incendie lié à la configuration géométrique et à l'exploitation de l'ouvrage (stockage au RDC avec mezzanines/zones de bureaux à l'étage et présence d'une aire de stationnement/circulation). Les études techniques approfondies concernant le comportement au feu de la structure porteuse de l'ouvrage pourront quant à elle être réalisées dans une phase ultérieure du projet et pourront faire l'objet d'un rapport d'étude distinct.

5. COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES EN JEU

Le présent paragraphe rappelle les principaux phénomènes impactant la structure en cas d'incendie et fournit des recommandations préliminaires vis-à-vis de la configuration réelle de ces structures en béton.

5.1. PHENOMENES MIS EN JEU

La tenue au feu des éléments en béton est principalement assurée par la protection thermique apportée par le béton aux éléments de renforts en acier (enrobage des armatures pour les éléments en béton armé ou des torons pour les éléments en béton précontraint). La capacité portante des éléments décroît lorsque les armatures ou les torons s'échauffent et peut être remise en cause au-delà de 500°C pour les armatures des éléments en béton armé et 350°C pour les torons des éléments précontraints. Concomitamment à ces pertes de capacité portante, l'échauffement des éléments entraîne des variations dimensionnelles importantes des sections générant des dilatations et courbures des éléments.

Ainsi, lorsqu'une structure en béton est soumise à l'incendie, son comportement mécanique peut être schématisé en plusieurs phases distinctes :

- Phase de poussée : Au début de l'incendie, l'échauffement de la structure demeure relativement faible pour ne pas affaiblir de manière significative les caractéristiques mécaniques des éléments. Dans cette première phase, l'augmentation de la température des éléments se traduit principalement par un déplacement vers l'extérieur de la structure exposée au feu et par une augmentation des efforts de poussée sur les parties restées froides. Ce phénomène se poursuit jusqu'à l'apparition des premières ruines d'éléments structuraux (plastification, instabilité de section, rupture d'un assemblage).
- Phase de traction ou ruine des éléments : Lorsque l'échauffement des éléments de structure dans les zones les plus exposées est tel que l'on observe les premières ruines, les efforts transmis à la partie de structure non échauffée passent progressivement d'une force de poussée à une force de traction. Cette phase de traction dépendra principalement du mode de rupture des éléments béton. Dans le cas de rupture brutale ou de ruine des éléments de liaison entre éléments, la phase de traction peut être très brève.

Les figures suivantes illustrent ces phénomènes pour un bâtiment à simple rez-de-chaussée :

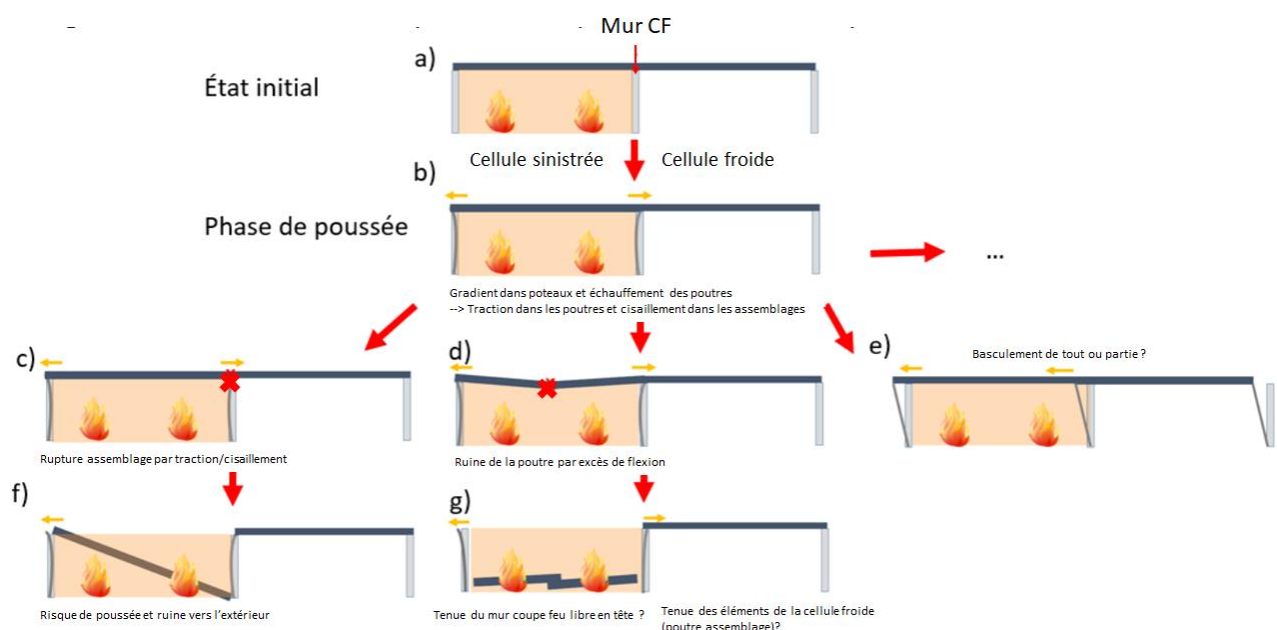


Figure 5-1: Cinématique de ruine - Dilatation, poussée et ruines possibles

Lorsqu'il y a ruine d'un élément horizontal, si le poteau béton n'a pas été entraîné par la ruine de la poutre, il se retrouve alors sans blocage horizontal au niveau du plancher/ de la poutre qui a ruiné (libre en tête dans le cas d'un seul niveau), soulagé d'une partie des efforts verticaux (couverture, plancher...) mais pouvant toujours être sollicité par les efforts sur les façades ou par les effets thermiques (effet bilame notamment).

Il convient alors de s'assurer de sa tenue au feu avec ces nouvelles conditions aux limites. Il est donc nécessaire que ces phases de poussée liées à la dilatation n'entraînent pas de ruines prématurées d'éléments d'ossature, de désordres sur les murs coupe-feu en périphérie de la zone sinistrée et de risques d'effondrement vers l'extérieur.

Pour les éléments multiniveaux, il peut également exister un risque de perte d'appuis au droit des joints de dilatation des planchers « froids » des niveaux supérieurs ou inférieurs au plancher échauffé du fait de sa dilatation (voir figure ci-dessous). Ce risque se retrouve également au droit des liaisons ponctuelles des éléments froids (brochage par exemple).

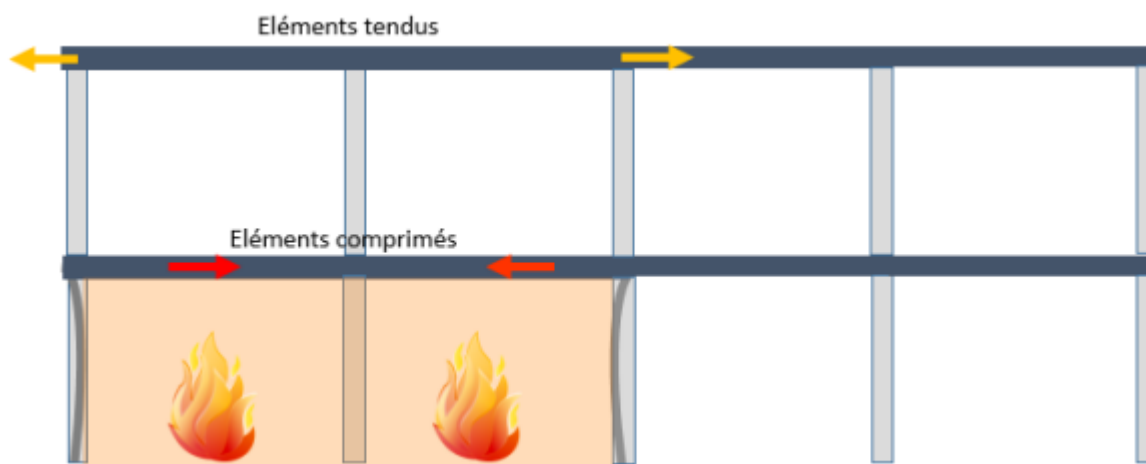


Figure 5-2: Dilatations différentielles de planchers superposés

La gestion de ces exigences peut être gérée constructivement, dans les règles de l'art de la construction en béton armé, en apportant un soin particulier aux attaches afin d'éviter toute ruine en chaîne, en favorisant la ruine des poutres et des planchers avant celle des poteaux et en mettant en œuvre des dispositions limitant les effets de la dilatation (joints de dilatation). Il est rappelé que les effets bilames dans les poteaux sont de nature à augmenter les efforts dans les liaisons entre éléments.

5.2. PRINCIPES CONSTRUCTIFS DANS LA ZONE DE STOCKAGE 1510 AU RDC

Comme évoqué précédemment, le degré coupe-feu des dalles alvéolaires dans les zones soumises à la rubrique 1510 est REI 120. Par conséquent les poteaux, poutres et plancher devront être à minima stables au feu de degré R120 minutes.

De manière générale, le degré de stabilité au feu des poteaux en rive de l'ouvrage pourra être porté à R180 minutes dans le but de s'assurer de la non ruine vers l'extérieur prématurée de poteaux de rive (sur les voies engins).

La dilatation des planchers des différents niveaux peut générer des poussées sur les zones adjacentes. À titre informatif et afin de mieux apprécier les ordres de grandeur liés à ce phénomène, nous rappelons quelques valeurs, données notamment dans les règles Feu-Béton [12] pour des planchers en béton (document qui n'est actuellement plus applicable mais permettant de préciser les ordres de grandeur des dilations mises en jeu).

Les sollicitations dues aux effets de dilatation d'ensemble sont :

- La dilatation d'un élément est calculée à partir du coefficient de dilatation linéaire d'environ 10^{-5} m/m et de la température moyenne atteinte par cet élément après une durée au feu fixée par le critère d'exigence requis. Les valeurs suivantes peuvent être admises :

SF	1/2h	1h	1h1/2	2h	3h
Plancher exposé 1 face	100°C	200°C	300°C	350°C	450°C
Dilatation linéaire associée	1 mm/m	2 mm/m	3mm/m	3,5mm/m	4,5mm/m

Tableau 5-1: Dilatation des planchers soumises au feu

Ce document ne donne pas d'ordre de grandeur pour les poutres et pannes, tant leur dilatation dépend de leurs caractéristiques (section, ferrailage). Toutefois, les dilatations de ces éléments sont souvent 3 à 4 fois supérieures à celles obtenues pour les planchers.

Les variations dimensionnelles des éléments seront calculées conformément aux référentiels en vigueur (NF EN 1992-1-2 [11]d). En fonction de la dilatation thermique maximale des différents éléments composant la structure horizontale (poutres et planchers DAP), des dispositions constructives seront à mettre en place afin de limiter les poussées sur les files de rive (joints permettant de dissiper une partie de ces déplacements, ...). À noter que pour les dalles alvéolées précontraintes, la dilatation dans le sens de la portée de ces éléments (sens des torons) est réduite par la précontrainte

Il est donc nécessaire de prévoir des dispositions constructives permettant de limiter l'impact des dilatations des planchers sur les structures et les murs de compartimentage. Des joints de dilatation spécifiques à la problématique de gestion de la dilatation en cas d'incendie pourront être mis en œuvre à cet effet.

Dans le sens longitudinal, la présence de murs coupe-feu REI 240 minutes est de nature à limiter les dilatations d'ensemble de l'ouvrage en fractionnant la longueur du bâtiment. La longueur maximale de dilatation entre murs coupe-feu est de l'ordre de 35 m. Ceci conduit donc à une estimation minimale de dilatation de l'ordre de 10 à 15 cm dans le sens longitudinal. La présence de 4 JD intermédiaires de largeur suffisante au niveau des files D, G, J et M permettra vraisemblablement de réduire le risque de ruine en chaîne et de ruine vers l'extérieur de la structure.

En complément, afin de privilégier une ruine vers l'intérieur de la structure, une solution de conception misant sur une hiérarchisation de la tenue au feu des éléments peut être considérée. Les éléments de rive ou limitrophe des murs coupe-feu voient alors leur degré de stabilité au feu être augmenté (R240 par exemple, pour la structure en rive du bâtiment) par rapport aux éléments situés à l'intérieur du bâtiment (qui gardent un degré de stabilité R120). Cette alternative apporte un surplus de résistance sécuritaire en périphérie, notamment en favorisant la ruine vers l'intérieur, et ce quelle que soit la position du foyer primaire de l'incendie. La majoration de la résistance au niveau des poteaux de rive et/ou au niveau de ceux à la frontière entre deux cellules peut s'avérer favorable pour s'assurer le respect des exigences de non-ruine vers l'extérieur et de non ruine en chaîne notamment.

Par ailleurs, la rampe de la façade nord qui donne sur l'aire de stationnement doit être désolidarisée de la structure du bâtiment, et ceci afin de limiter l'interaction entre les deux structures et assurer l'évacuation des véhicules de la zone de stationnement.

La présence de zones de mezzanines « ouvertes » en béton peut être de nature à remettre en cause les exigences sur la ruine en chaîne verticale. En effet ces éléments étant des éléments structuraux « lourds », il convient d'être particulièrement vigilant vis-à-vis des conséquences de ces défaillances qui interviendraient antérieurement à la durée de compartimentage exigée pour le plancher plus bas. Il conviendra donc de s'assurer que degré de stabilité au feu des planchers des mezzanines est bien harmonisé à R120 minutes.

D'autre part, afin de limiter le nombre de cellules sinistrées au niveau supérieur (R+2 sur les plans) dans le cas d'un feu se déclarant au RDC, les murs coupe-feu au R+2 doivent être alignés avec ceux du RDC en files D, G, J et M. La figure ci-après présente une illustration de cette configuration où chaque cellule au RDC est superposée par deux cellules au R+2. .

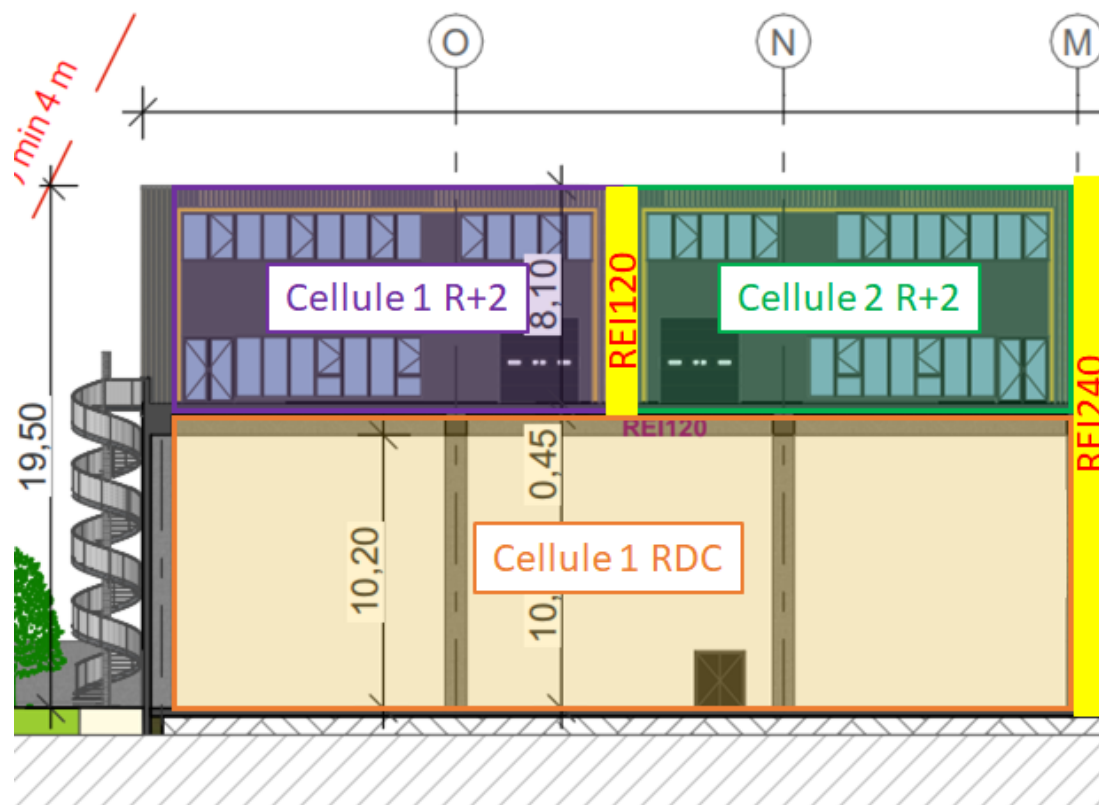


Figure 5-3: Illustration de la répartition des cellules au R+2 vis-à-vis les cellules du RDC

Compte tenu des dimensions et de la configuration du bâtiment et en complément des dispositions présentées précédemment, les concepts suivants sont proposés afin de tendre à satisfaire aux objectifs de sécurité rappelés précédemment :

Poutres et plancher :

- La tenue au feu des éléments de structure horizontaux en béton (poutres et dalles...) devra respecter l'exigence réglementaire sans en être trop éloignée de sorte à limiter la dilatation avant défaillance.
- Un renforcement du degré de résistance au feu des planchers et poutres de rive ainsi que des poteaux les supportant (par exemple les files A, P, 1 et 8) permet de s'assurer que les premières ruines aient bien lieu au centre du bâtiment.
- Les dalles alvéolées précontraintes présentent en général une dilatation linéique moins importante dans le sens de leur portée, du fait notamment de la précontrainte.

Poteaux :

- Les poteaux au droit des murs CF devront être stables au feu pour des durées de tenue au feu des murs coupe-feu à minima. Il conviendra de prendre en compte dans leur dimensionnement des effets du second ordre ($P-\Delta$) associés au gradient thermique. Les fondations doivent également être dimensionnées en conséquence.
- Afin d'éviter une ruine en chaîne entre les blocs structurels, il conviendra d'assurer une stabilité des éléments de part et d'autre d'un mur coupe-feu sans tenir compte du poids des éléments coté cellule en feu.
- Les liaisons en tête de ces poteaux devront être suffisamment résistantes vis-à-vis des efforts générés par les échauffements des éléments ou des planchers inférieurs, notamment en toiture.
- Pour les poteaux de rive supportant en tête des poutres de toiture, la mise en place d'un prolongement du poteau par une baïonnette permet également de limiter le risque de chute de ces éléments vers l'extérieur ou de poussée sur les éléments de façade.

Panneaux coupe-feu :

- Les façades sont a priori réalisées à l'aide d'éléments de bardage légers.
- Dans le cas où des murs de façade de grande hauteur seraient réalisés en panneaux lourds (béton, béton cellulaire...), la pose en applique extérieure des poteaux est à éviter. En effet, ce type de procédé présente intrinsèquement des risques de chute de panneaux lourds vers l'extérieur. De plus la mise en place des panneaux coupe-feu du côté intérieur permet de s'affranchir des problématiques d'effet bilame dû au gradient thermique dans les poteaux évoqués précédemment (voir figure ci-après).

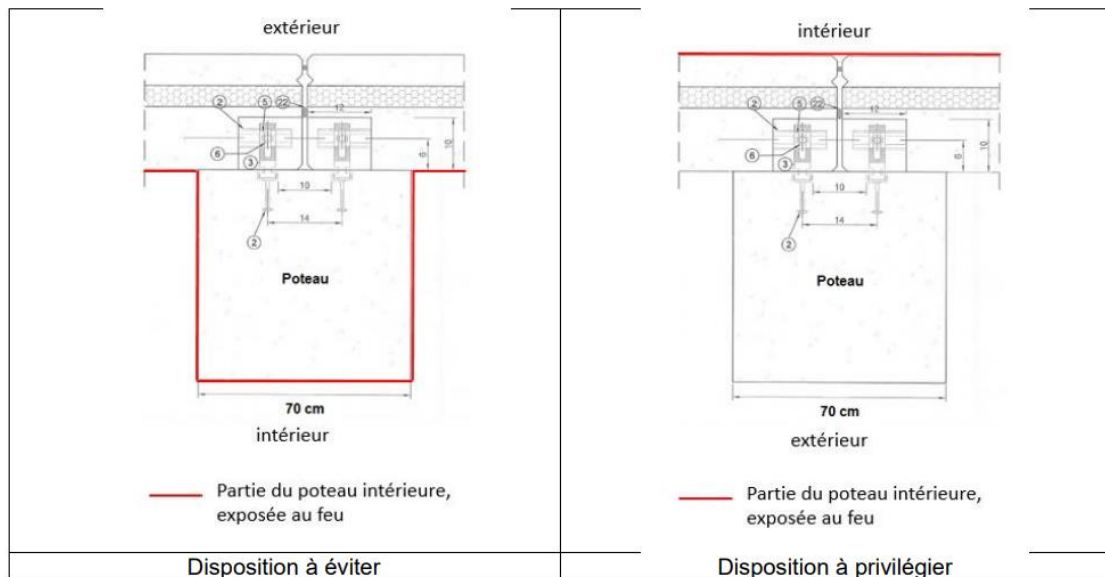


Figure 5-4 : Murs coupe-feu extérieur – Dispositions à privilégier

- Dans tous les cas, et de façon plus prononcée si les poteaux en béton sont soumis à un effet bilame, la tenue mécanique des panneaux coupe-feu ne doit pas être remise en cause en cas de déformation du poteau. En d'autres termes, le dimensionnement de ces fixations devra tenir compte de l'inclinaison potentielle des poteaux pendant le sinistre.

Assemblages :

- Les assemblages devront avoir une durée de résistance au feu supérieure ou égale aux éléments supportés.
- L'échauffement des poutres entraîne leur dilatation qui sollicite les liaisons en cisaillement. De plus, la perte de résistance des poutres et pannes génère également une augmentation de leur flèche et donc de leur rotation sur appui. Les assemblages de ces éléments doivent être en mesure de supporter les efforts complémentaires de cisaillement ainsi que les premières rotations sur appuis associées à ces flèches sans mobiliser d'effet de levier susceptible de les rompre.
- Les assemblages des éléments de toiture peuvent être sollicités par la dilatation des planchers des niveaux inférieurs (voir Figure 5-2). Par exemple, les efforts en découlant peuvent atteindre plus de 150 kN à reprendre en cisaillement. Il convient donc de mettre en place des éléments de liaison résistants et ductiles.

Compartiments des cellules adjacentes :

- Il est nécessaire de s'assurer qu'entre blocs structurels indépendants, les déplacements et déformations d'une zone sinistrée sur le bloc adjacent indépendant n'engendrent pas de désordre. Pour ce faire, un joint de construction suffisamment important peut être mis en place. Ces joints de construction peuvent prendre des valeurs importantes en fonction de la longueur totale pouvant se dilater.
- Après ruine des éléments horizontaux dans la cellule sinistrée, il convient également de tenir compte des efforts liés aux gradients thermiques des poteaux des murs coupe-feu. En l'absence de calculs

thermomécaniques précis, l'effort maximal pouvant se développer au droit d'une liaison entre une cellule sinistrée et une cellule froide par l'action unique du gradient thermique peut être quantifié de manière sécuritaire par calcul du moment résistant en pied du poteau à froid, avec prise en compte des coefficients de sécurité en situation accidentelle d'incendie. À noter qu'avant la ruine des poutres, des efforts parfois supérieurs peuvent intervenir du fait de la dilatation des éléments horizontaux. Il n'est toutefois pas possible de les quantifier sans analyse thermomécanique.

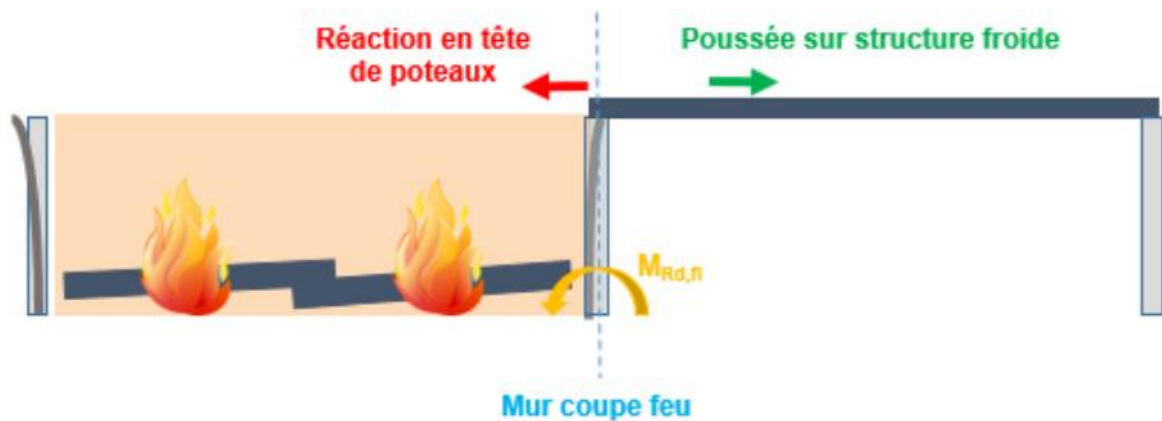


Figure 5-5: Effort en tête de poteau au droit du mur coupe-feu

L'effort F de dimensionnement de l'assemblage pour la seule action du gradient thermique du poteau, peut être calculé de façon sécuritaire d'après la formule suivante :

$$F = \frac{M_{Rd,fi}}{H}$$

Avec :

F : Effort horizontal dans l'assemblage ; H : hauteur du poteau ; $M_{Rd,fi}$: Moment résistant en pied du poteau en considérant les matériaux froids et les coefficients de sécurité en situation d'incendie.

6. CONCLUSIONS

Cette note est une synthèse préliminaire étudiant de manière qualitative les structures porteuses du projet de la base logistique à Gonesse (95).

Elle donne différents principes de conception permettant de favoriser l'atteinte des objectifs de sécurité en termes de résistance au feu et de mode de ruine, à savoir, en cas de feu dans les zones de stockage 1510 :

- Le non-effondrement prématuré de la structure permettant l'évacuation sécurisée des zones sinistrées.
- Le non-effondrement vers l'extérieur de la structure du bâtiment.
- Le non-effondrement en chaîne de la structure.
- Le maintien de l'intégrité des murs CF séparatifs pendant leurs durées de compartimentage.

Cette note ne peut servir de justification des structures vis-à-vis de l'incendie et doit être complétée d'une étude technique pouvant prendre la forme d'une étude spécifique d'ingénierie de sécurité incendie et par calcul thermomécanique des éléments structuraux selon les méthodes avancées des Eurocodes.

Cette étude permettra de s'assurer que pour les objectifs précités, les caractéristiques du bâtiment conduisent à atteindre l'ensemble des objectifs identifiés en ce qui concerne la stabilité au feu et le mode de ruine. Sur la base du dimensionnement définitif du bâtiment, et éventuellement d'études ou de calculs intermédiaires, ces objectifs et critères seront vérifiés.

Cette étude sera à réaliser en phase EXE sur la base des plans et notes de calcul définitifs. Elle devra être portée à la connaissance des autorités avant la mise en service de l'installation dans le cadre des dispositions réglementaires applicables pour les cellules 1510.