

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
FILIERE : GENIE CIVIL
OPTION : STRUCTURE

N° :

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: DAHMOUNE BESMA
BOUTICHE WIDAD

Intitulé

**Étude et corrélation du cas pathologique
survenu dans l'amphi SM4 du pôle
universitaire de M'Sila**

Soutenu devant le jury composé de:

M. KHEMISSA	Université de M'sila	Président
AMOUR Ahmed	Université de M'sila	Rapporteur
M. BENYAHIA	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017

Remerciement

Nous remercions avant tout ALLAH pour son aide, ses innombrables dons, ALLAH qui nous donne la force, la volonté pour accomplir nos études.

*Nous tenons à remercier **Mr. AMOUR AHMED** pour avoir d'abord proposé ce thème, pour son suivi continu durant la réalisation de ce mémoire, et pour ses conseils.*

Nos remerciements vont au président du jury et aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de génie civil qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

- *Nos chères mères et nos chers pères*
 - *Nos Chers frères et sœurs*
 - *Toute la famille*
 - *Tous les amis*
- *Tous les collègues de promotion 2017*
- *Tous ceux qui nous aimons et tous qui nous aiment*
- *Tous ceux qui connaissent, **Boutiche widad** et*

Dahmoune besma

ملخص

تركز دراستنا الحالية على وقع الحالة المرضية بالمدراج الرابع لكلية العلوم بجامعة المسيلة الواقع شمال مدينة المسيلة. حيث قمنا بتسليط الضوء على الأسباب المحتملة لمصدر هذه الأمراض بفضل منهجية تعمل على حذف الأسباب المحتملة. وقد أدى ذلك إلى تحديد فشل الرافدين الرئيسيتين على طول 20 م بفعل تسليح ضعيف على مستوى المساند وانخفاض جودة الخرسانة المصبوبة.

كما قمنا بمحاكاة للرافدين الرئيسيتين تحت تأثير الاجهادات المحددة و الخصائص الفعلية للخرسانة المصبوبة. هذه المحاكاة كانت بواسطة برنامج انسايس نسخة 12.

في نهاية الدراسة لاحظنا تقارب واضح بين نتائج المحاكاة و التشوهات الميدانية التي مست الرافدة الخراسانية المسلحة.

الكلمات المفتاحية: باثولوجيا , تصدعات , رافده , محاكاة .

Résumé

Notre présente étude s'intéresse au cas pathologique survenu à l'amphi SM4 du pôle universitaire situé au nord de la ville de M'sila. Elle consiste à mettre en évidence les causes probables à l'origine de cette pathologie grâce à une méthodologie par élimination de ces causes éventuelles. Ceci nous a conduit à la fin de situer la défaillance des deux portiques principales de portée de 20m et incriminer une insuffisance de ferrailage au niveau des appuis, accentuée par une qualité amoindrie du béton mis en place.

Une ébauche de simulation des deux portiques sous l'action des sollicitations déterminées et les caractéristiques réelles du béton mis en place. Cette simulation a été menée grâce au logiciel ANSYS version 12.

À la fin, nous avons observé une étroite corrélation entre les résultats de cette simulation et les désordres constatés.

Mots clés : Pathologie, Dégradations, Poutre, Simulation.

Abstract

Our present study is concerned with the pathological case at the SM4 amphitheater of the university pole located north of the town of M'sila. It consists in highlighting the probable causes of this pathology through a methodology by eliminating these possible causes. This led us to the end of situating the failure of the two main gantries of range of 20m and incriminating an insufficiency of reinforcement at the level of the supports, accentuated by a reduced quality of the concrete put in place.

A preliminary simulation of the two gantries under the action of the determined stresses and the real characteristics of the concrete put in place. This simulation was carried out using the ANSYS v12 software.

In the end, we observed a close correlation between the results of this simulation and the observed disorders.

Key word: Pathology, Degradations, Beam, Simulation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	01
-----------------------------	----

Chapitre I : Généralité sur les pathologies

I-1 INTRODUCTION.....	02
I-2 LES CAUSES DES DÉSORDRES.....	02
I-2-1 Causes principales.....	04
I-2-1-1 Désordres dus aux erreurs de conception et de calculs	04
I-2-1-2 Désordres résultant principalement des déformations excessives.....	06
I-2-1-3 Désordres résultant des effets de variation dimensionnellement.....	08
I-2-1-4 Causes liées à la mise en œuvre aux d'exécution.....	14
I-3 CAUSES DE DÉTÉRIORATIONS DE BÉTON.....	16
I-4 CONCLUSION.....	18

Chapitre II : Description de l'ouvrage objet du cas pathologie

II-1 INTRODUCTION.....	19
II-2 PRÉSENTATION DE L'AMPHI SM4.....	19
II-3 SÉISMICITÉ.....	19
II-4 CONCEPTION ARCHITECTURALE [B.E.R.M].....	19
II-5 CONCEPTION STRUCTURALE.....	22
II-5-1 Fondation.....	22
II-5-2 La superstructure.....	23
II-5-3 Maçonneries.....	25

Chapitre III : Constat des désordres

III-1 INTRODUCTION.....	26
-------------------------	----

Chapitre IV : Analyse des désordres

IV-1 INTRODUCTION.....	30
IV-2 DÉSORDRES PEUVENT ÊTRE CAUSÉS PAR DES PROBLÈMES D'INSTABILITÉ GÉOTECHNIQUE.....	30
IV-3 INSTABILITÉ D'ORDRE STRUCTURALE.....	31

IV-4 CAUSES LIÉES À LA MISE EN ŒUVRE	31
IV-5 DIAGNOSTIC DE LA QUALITÉ DE BÉTON MISE EN ŒUVRE.....	31
IV-6 SIMULATION NUMÉRIQUE DU CAS PATHOLOGIQUE.....	36
IV-6-1 Présentation du code de calcul ANSYS.....	36
IV-6-2 Présentation du travail.....	37
IV-6-3 Les données à introduire dans notre cas.....	37
IV-7 LES RÉSULTATS DE SIMULATION.....	38
IV-7-1 Commentaire des résultats.....	47
IV-8 DESCRIPTION DES FISSURES APPARAISSENT SUR NOTRE POUTRE.....	47
IV-8-1 Fissuration de flexion.....	47
IV-8-2 Fissuration par effort tranchant.....	47
IV-8-3 Fissures inclinées par absence de cheminement mécanique des efforts.....	49
IV-8-4 Schéma d'illustration des types de coutures.....	51
IV-9 CONCLUSION.....	52
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	53

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralité sur les pathologies

Fig I-1 : les causes de désordres (suivant l'étude du BRAS).....	03
Fig I-2 : les causes de désordres (suivant l'étude du SECURITAS).....	04
Fig I-3 : portique (poteau - poutre) avant l'action sismique.....	04
Fig I-4 : sous l'action sismique formation direction d'une diagonale comprimée et d'une diagonale tendue.....	05
Fig I-5 : changement de séisme des sollicitations des diagonales.....	05
Fig I-6 : fissuration en X sur le portique (poteaux et poutres).....	05
Fig I-7 : d'un raccordement de paillasse d'escalier et de palier.....	06
Fig I-8 : poussée au coude d'une barre tendue.....	06
Fig I-9 : effet de la flexion des dalles de planchers sur une cloison plâtrière en brique creuses.....	07
Fig I-10 : défaut de mise en œuvre (danger des blocs fissurés).....	07
Fig I-11 : Évaluation des contraintes d'effet thermique.....	10
Fig I-12 : Évaluation des contraintes de retrait.....	10
Fig I-13 : deux schémas représentatifs des deux solutions possibles de contreventement.....	11
Fig I-14 : fissuration de maçonnerie par poussée de dalle de toiture.....	12
Fig I-15 : fissuration de la poutre de grande portée.....	12
Fig I-16 : désordres dans les planchers à hourdi creux.....	13
Fig I-17 : disposition des armatures.....	15
Fig I-18 : phénomène de la corrosion ou de la pile électrochimique.....	17

Chapitre II : Description de l'ouvrage objet du cas pathologie

Fig II-1 : photo satellitaire en coordonnée UTM localisant l'ouvrage subissant des pathologies dans le pôle universitaire.....	20
Fig II-2 : plan de masse.....	20
Fig II-3 : Plan d'architecture échelle 1/150.....	21
Fig II-4 : coffrage des fondations échelle 1/200.....	22

Fig II-5 : coffrage plancher échelle 1/200.....	23
Fig II-6 : ferrailage des poutres et poteaux échelle 1/20.....	24

Chapitre III : Constat des désordres

Chapitre IV : Analyse des désordres

Fig IV-1 : la poutre complète discrétisée en 3D.....	38
Fig IV-2 : la poutre étudiée discrétisé sou une charge répartie.....	39
Fig IV-3 : la déformation de la poutre.....	40
Fig IV-4 : les déplacements selon X.....	40
Fig IV-5 : les déplacements selon Y.....	41
Fig IV-6 : les déplacements selon Z.....	41
Fig IV-7 : la concentration des contraintes selon X.....	42
Fig IV-8 : la concentration des contraintes selon Y.....	43
Fig IV-9 : la concentration des contraintes selon Z.....	44
Fig IV-10 : la première contrainte principale σ_1	44
Fig IV-11 : la deuxième contrainte principale σ_2	45
Fig IV-12 : la troisième contrainte principale σ_3	46
Fig IV-13 : schéma de fissuration en fonctionnement normal.....	47

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau I-1: la famille de dégradation du béton.....17

CHAPITRE II

Tableau II-1: caractéristiques géométriques de l'amphi SM4.....21

LISTE DES PHOTOS

Chapitre I : Généralité sur les pathologies.

Photo I-1: l'entaille au centre du bâtiment et sur toute la hauteur.....	05
Photo I-2: fissuration préjudiciable d'un mur de bâtiment.....	08
Photo I-3: désordre de multiple étage d'un bâtiment.....	09
Photo I-4: Déplacement du joint de dilatation.....	14
Photo I-5: reprise de bétonnage.....	15
Photo I-6: endommagement à cause de l'absence d'armatures transversales dans le nœud.....	16
Photo I-7: corrosion accélérée des amorces poteaux.....	17

Chapitre II : Description de l'ouvrage objet du cas pathologie.

Photo II-1: amphi SM4 amphi B dans le plan de masse.....	19
--	----

Chapitre III : Constat des désordres.

Photo III-1 : Éclatement des vitres.....	26
Photo III-2 : fissures de la maçonnerie au niveau de l'ouverture se forme de diagonale tendue.....	27
Photo III-3 : affaissement de la maçonnerie surmontant l'ouverture.....	27
Photo III-4 : rupture du mur au niveau de l'ouverture selon une direction privilégiée.....	28
Photo III-5 : fissure verticale au niveau de la jonction poutre poteau.....	28
Photo III-6 : Marquage des fissures obliques sur l'âme de poutre au niveau de l'appui droit.....	29
Photo III-7 : Fissure systématique du béton sur la rive gauche.....	29

Chapitre IV : Analyse des désordres.

Photo IV-1 : Emplacement des témoins en plâtre.....	32
Photo IV-2: Afin de placer les témoins en plâtre, la poutre a été dérobée de l'étanchéité en pax- alumine.....	32
Photo IV-3 : la carotteuse.....	33
Photo IV-4 : les carottes prélevés dans trois endroits choisies pour passer directement aux essais destructifs.....	33

Photo IV-5 : Cette photo montre l'homogénéité de béton et la granulométrie.....	34
Photo IV-6 : Commencement de la démolition de la poutre après la discision de CTC à cause l'insuffisance dans le ferrailage accentuée par une qualité amoindris du béton, la démolition de poutre se fait sans toucher le plancher.....	34
Photo IV-7 : Cette photo montrent que le relevé des barres bateau n'a pas été bien soigné, et aussi l'insuffisance des cadres transversaux.....	34
Photo IV-8 : Toutes las barres bateaux ont été relevées aux mêmes endroits ce qui a rendu inefficace leur destination.....	35
Photo IV-9 : L'encombrement du ferrailage rend difficile la mise en œuvre du béton, (Impossible de mettre en œuvre un béton armé).....	35
Photo IV-10 : L'aditif au plan de ferrailage recommandé par B.E.R.M.....	36

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les dégradations qui affectent des constructions dans notre pays s'observent de jour en jour au niveau des différents ouvrages en cours de réalisation ou déjà parachevés; ce qui revient à dire que le phénomène signalé s'accroît de plus en plus durant ces dernières années pour devenir un fait réel. Devant cet état de fait qui touche une partie du patrimoine bâti public ou privé, il revient aux professionnels du domaine de la construction (Chercheurs, Architectes, Ingénieurs, Entrepreneurs, Fabricants de matériaux de construction) de porter leurs contributions dans le but de déterminer les causes des dégradations de toute sorte, de remédier aux dégradations existantes, de mettre fin à toute apparition éventuelle de dégradation que ce soit à court ou à long terme ou du moins réduire la valeur qui en résulte du rapport calculé entre le nombre de constructions dégradées à celui des constructions réalisées.

Les dégradations qui affectent les constructions, peuvent survenir à n'importe quel moment, C'est-à-dire durant la réalisation ou même quelques minutes après, comme elles peuvent se manifester à long terme. Certaines dégradations ne présentent aucun risque vis-à-vis de la sécurité de l'ouvrage affecté, alors que d'autres peuvent provoquer des effondrements graves entraînant quelques fois des accidents corporels et des pertes matérielles mettant ainsi tous les concernés devant un état de fait accompli. Devant cet état de cause, les travaux doivent être menés pour déterminer en première urgence les différents types de dégradations, puis les causes probables provoquant leurs apparitions, et enfin choisir les cas de remèdes qui mettront fin à ses dégradations. C'est dans ce but que nous allons mettre en évidence dans ce qui suit les résultats de certains travaux accomplis par des spécialistes du domaine et qui concernent plus particulièrement les problèmes de la pathologie de la construction.

Notre présente étude s'intéresse au cas pathologique survenu à l'amphi SM4 du pôle universitaire situé au nord de la ville de M'sila. Elle consiste à mettre en évidence les causes probables à l'origine de cette pathologie grâce à une méthodologie par élimination de ces causes éventuelles. Ceci nous a conduit à la fin de situer la défaillance des deux portiques principales de portée de 20m et d'incriminer une insuffisance de ferrailage au niveau des appuis, accentuée par une qualité amoindrie du béton mis en place.

Une ébauche de simulation des deux portiques sous l'action des sollicitations déterminées et les caractéristiques réelles du béton mis en place. Cette simulation a été menée grâce au logiciel ANSYS version 12.

Notre travail a comme objectif d'établir les types de dégradation qui affectent l'amphi SM4, de déterminer les différentes causes provoquant ces dégradations et de suggérer les cas de remèdes possibles.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉ SUR LES PATHOLOGIES

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ SUR LES PATHOLOGIES

I-1 INTRODUCTION

Avant d'aborder avec plus de détail les pathologies qui affectent plus précisément les constructions d'une façon générale, il nous paraît utile d'indiquer dans ce qui suit les différentes désignations que porte ce terme "pathologie".

La notion de pathologie dans le sens littéraire:

En se référant au dictionnaire Français intitulé " le petit LAROUSSE ", le mot pathologie porte le sens de:

- ✓ Étude des maladies, de leurs causes et de leurs symptômes.
- ✓ Ensemble des manifestations d'une maladie et des effets morbides qu'elle entraîne.

La pathologie est un ancien mot grec, il est composé de deux termes le premier: **PATHO** signifie maladies, le deuxième: **LOGIE** veut dire étude, la pathologie est les sciences des cause et des symptômes des maladies

La notion de dégradation dans le sens technique:

La pathologie est en tout le terme moderne et actualisé employer pour définir les dégradations subis par les constructions durant leurs vies ou pendant leur phase de réalisation.

On utilise ce mot beaucoup plus en médecine mais cela n'empêche pas que l'on trouve dans autre domaine comme le domaine de génie civil.

En génie civil la plus part des infrastructures sont en béton armé, les matériaux les plus utilisés sont principalement le béton et l'acier, au cours du temps, et selon leur formulation d'origine et les agressions extérieures auxquelles ces matériaux, on été soumis des dégradations vont survenir. de plus une pathologie de structure peut être cachée et être invisible à l'œil nu.

I-2 LES CAUSES DES DÉSORDRES

Les chercheurs dans le domaine de la pathologie qui ont analysé les causes principales des désordres ont aboutit à la conclusion que les sinistres sont en général dus à l'implicite d'une cause bien défini et dans la majorité des cas à la conjugaison de plusieurs causes à la fois. Comme ils ont enregistré également des désordres pour lesquels ils n'ont pu définir des causes déterminées.

Inversement et en se basant sur la cinétique des désordres dans les structures ou les dégradations subies dans les différents matériaux, il a été démontré qu'il faut souvent la conjonction de plusieurs causes pour provoquer un tel sinistre ou une telle dégradation.

Dans ce qui suit nous allons classer ces sinistres par cause dans l'ordre correspondant à la chronologie d'un projet de construction.

Selon une étude intitulée : « Building failures-design and avoidance »BRAS (désordres dans les bâtiments-conception et prévention), il a été conclu que les désordres sont dus principalement à :

- Non respect de la réglementation en vigueur : 53%.
- Mauvaise exécution et mise en œuvre défectueuse : 35%.
- Détérioration des matériaux et matériaux à priori défectueux : 12%

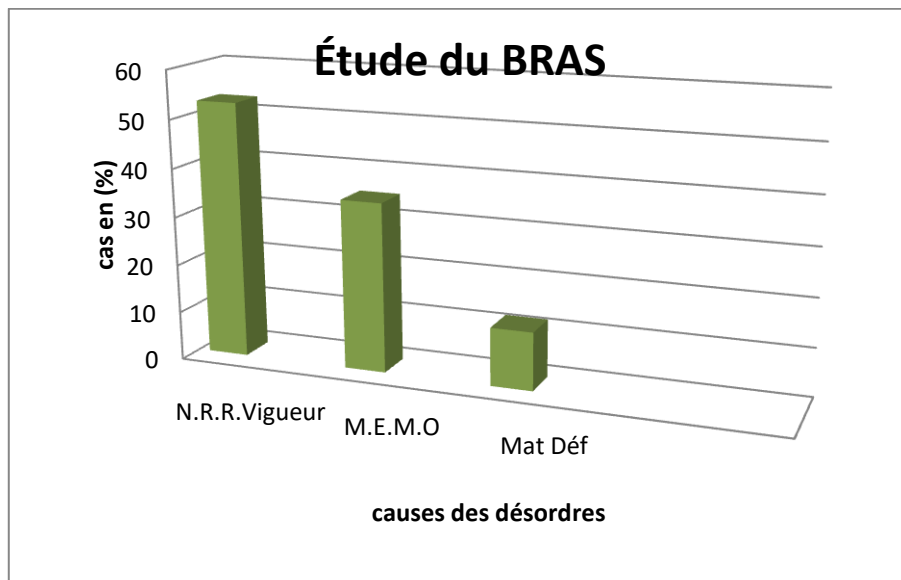


Fig I-1 : les causes de désordres (suivant l'étude du BRAS).

Alors qu'une étude similaire en l'occurrence elle évoquée au début (SECURITAS) a révélé que les désordres sont dus à :

- Exécution : 51%.
- La conception et en particulier les détails mal conçus : 37%.
- Vice de matériau : 4.5%.
- Défaut d'entretien et de maintenance : 7.5%.

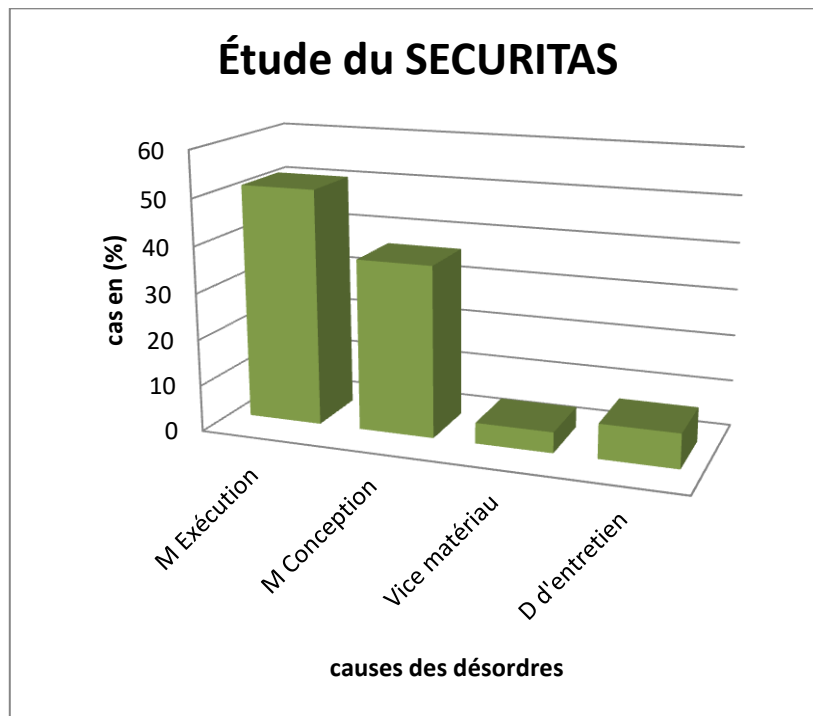


Fig I-2 : les causes de désordres (suivant l'étude du SECURITAS).

I-2-1 CAUSES PRINCIPALES :

I-2-1-1 désordres dus aux erreurs de conception et de calcul :

Le pourcentage relatif à cette rubrique s'élève à 14.5%

Les causes rentrant dans cette catégorie sont :

a) Erreurs de conception et de calcul :

Exemple l'absence ou l'insuffisance de contreventement pour résister soit à l'action du vent ou à l'action d'autres forces horizontales, telles que les sollicitations sismiques.

Dans cette catégorie on peut également insérer l'absence de vérification au flambement pour les colonnes en charpente métalliques à différents degrés de restraints.

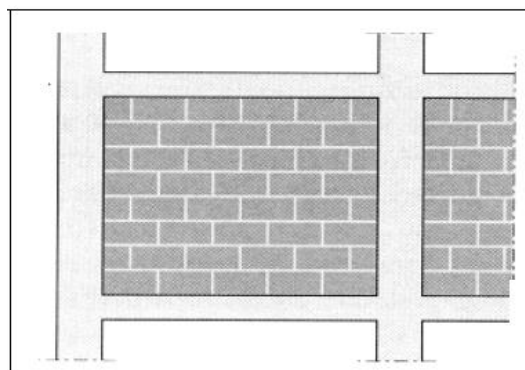


Fig I-3: portique (potEAU - poutre) avant l'action sismique.

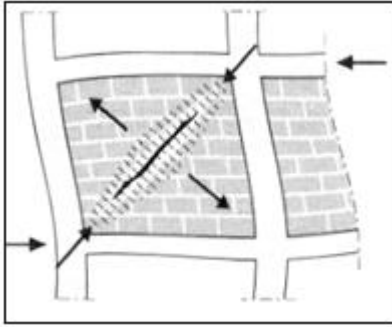


Fig I-4 : Sous l'action sismique formation direction d'une diagonale comprimée et d'une diagonale tendue.

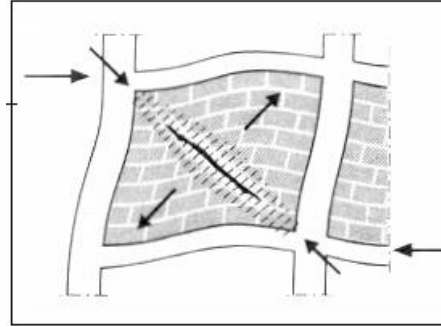


Fig I-5: changement de séisme des sollicitations des diagonales.

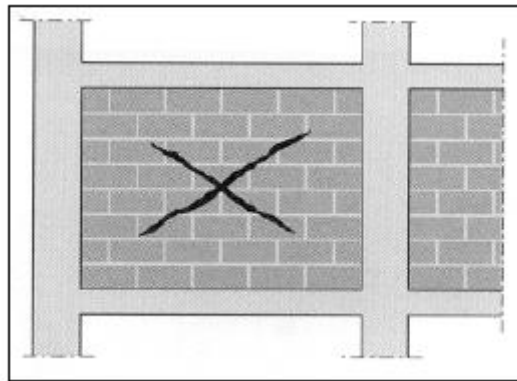


Fig I-6 : fissuration en X sur le portique (poteaux et poutres).



Photo I-1 : l'entaille au centre du bâtiment et sur toute la hauteur.

Et aussi on peut citer :

- b) Insuffisance dans les hypothèses de calcul.
- c) Mauvaise interprétation des calculs numériques par ordinateurs.
- d) Absence carrément d'étude.

e) Disposition à priori déféctueuse : le cas par exemple du problème lié à la transmission des efforts tels que les poussés aux vides, les appareils d'appuis.

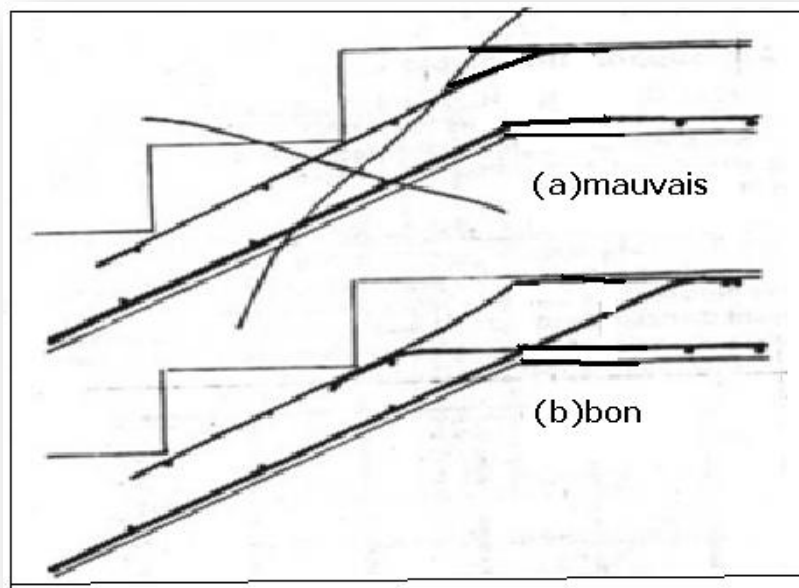


Fig I-7 : ferrailage d'un raccordement de paillasse d'escalier et de palier.

(a) : la poussée au vide des aciers est mal reprise par les cadres de la poutre palière.
(b) : disposition correcte.



Fig I-8 : poussée au coude d'une barre tendue.

I-2-1-2 désordres résultant principalement de déformations excessives :

Ceux-ci représente environ 20% des cas recensés ; ils se manifestent essentiellement dans :

- les fautes de conception permettant le cumul de flèches d'éléments d'ossatures courants (poutres).
- élancement trop grand.
- mauvaise qualité de béton, induisant un module d'élasticité longitudinale E faible.

- Ces désordres se manifestent le plus souvent par des fissures de cloisons ou de murs extérieurs, sont généralement peu spectaculaires, mais fatales dans d'autres cas fort heureusement limités.

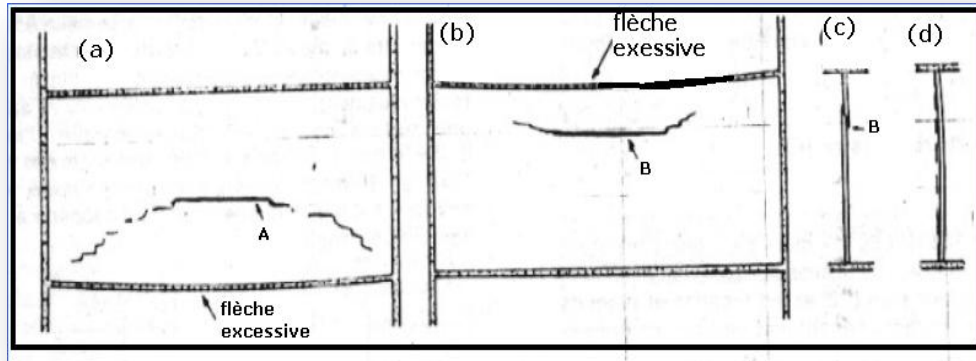


Fig I-9 : effet de la flexion des dalles de planchers sur une cloison plâtrière en brique creuses.

(a et b) : vue de face et aspect des fissures.

(c) : coupe transversale.

A : fissure en voûte par affaissement de la basse.

B : fissure de cisaillement par écrasement sous la charge de la dalle supérieure.

(d) : la cloison subit un bombement et menace d'éclater.

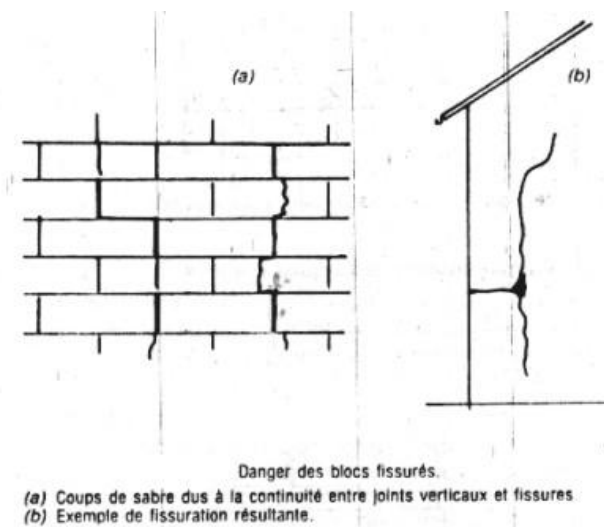


Fig I-10 : défaut de mise en œuvre (danger des blocs fissurés).

- a. : coups de sable dus à la continuité entre joints verticaux et fissures.
- b. : Exemple de fissuration résultante.

I-2-1-3 désordres résultant des effets de variations dimensionnelles :

On recense à peu près 44% des cas rentrant dans cette catégorie de désordres.

Ces désordres sont causés essentiellement par :

- a. -l'action du retrait.
- b. -les variations hygrométriques.

Ces désordres se manifestent par :

- L'apparition de fissures dans les planchers terrasses non protégées surtout en corps creux, et les éléments extérieurs aux bâtiments recevant directement les chocs thermiques (balcons, corniches, acrotères).
- Les désordres correspondants présentent un caractère de gravité très variable ;souvent il ne s'agit que des fissures susceptibles de ruine à l'esthétique de la construction, mais dans d'autre cas ,ces fissures sont très préjudiciables du fait qu'il peuvent ouvrir la voie à des pénétrations d'eau ou d'humidité corrodant ainsi les aciers et entrainer par conséquent des travaux de réfection très onéreux.



Photo I-2 : fissuration préjudiciable d'un mur de bâtiment.

- Des désordres affectant l'ensemble des étages de bâtiments à ossature en B.A.



Photo I-3: désordre de multiple étage d'un bâtiment.

Les désordres ont généralement pour origine des distances excessives entre joint de dilatation

L'élasticité nous apprend qu'un corps soumis à un choc thermique se dilate de la quantité suivante :

$$\varepsilon = \alpha_0 \times \Delta T.$$

Avec : ε : déformation infinitésimale.

α_0 : coefficient de dilatation thermique, caractéristique du matériau en question (pour le béton et l'acier $\alpha_0 \approx 10^{-5}$).

$\Delta T = (T - T_0)$ variation de la température du milieu ambiant.

Pour un corps de longueur L_0 .

La déformation directionnelle (dans le sens de la longueur) sous l'action d'un choc thermique est :

$$\Delta L = \varepsilon \times L_0 = \alpha_0 \times \Delta T \times L_0$$

Si l'allongement est empêché, l'allongement effectif de la pièce est : $\varepsilon = 0$.

Il naît dans la pièce, si les contraintes y sont uniformes, des contraintes :

$$\sigma_{t^0} = \varepsilon_{t^0} \times E = \alpha \times \Delta t^0 \times E.$$

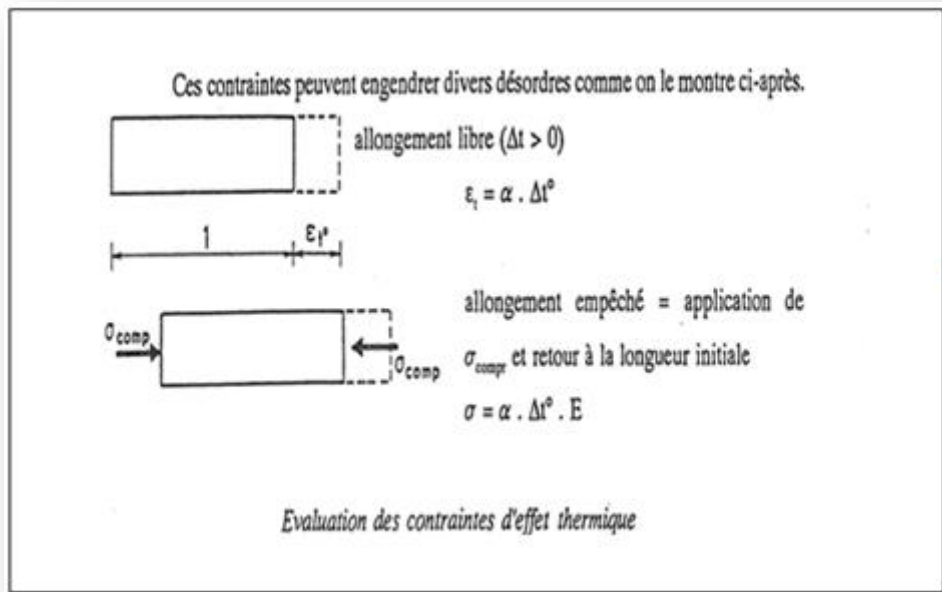


Fig I-11 : Évaluation des contraintes d'effet thermique.

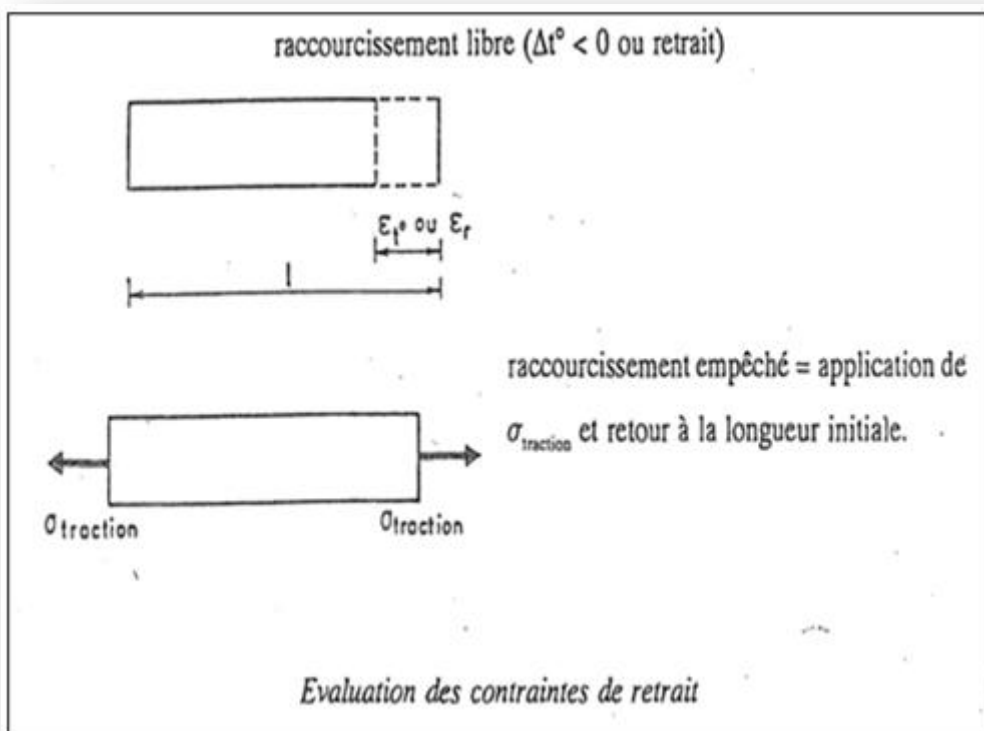


Fig I-12 : Évaluation des contraintes de retrait.

On voit donc que pour un matériau donné dans un milieu ambiant donné, plus la dimension dans une direction donnée est importante plus la variation dimensionnelle est également importante.

Ainsi si la dilatation est empêchée comme dans le schéma suivant, des désordres sont à craindre :

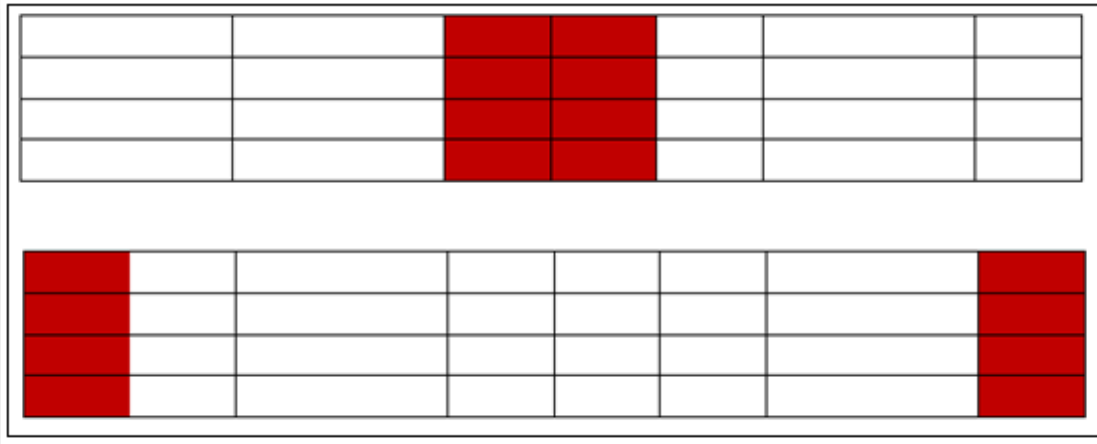


Fig I-13 : les deux schémas représentatifs des deux solutions possibles de contreventement.

Schémas de deux solutions possibles de contreventement longitudinal de bâtiment long. la première est conçu plus favorablement que la seconde.

De ce fait, la raison pour laquelle les normes préconisent une distance maximale ne dépassant pas les 25m entre joint à défaut d'inclure les sollicitations thermiques dans la combinaison des effets.

Dans ce contexte on notera également que certains sinistres on eu quelques fois pour origine un blocage intempestif des joints de dilatation, soit parce que les éléments destinés au coffrage des joints n'ont pu être retiré, soit par suite de l'obstruction du à un bourrage résistant (n'a-t-on pas substitué à tort le matériau flexible du polystyrène par du plâtre uniquement parce que tous les deux matériaux sont blancs.

Une autre cause de désordres est du à la fixation d'élément de revêtement ou d'éléments préfabriqués de part et d'autre d'un joint ce qui peut avoir de toute évidence, des conséquences grave pour la tenue de ces éléments (prises soleil montés sur la façade ouest de la wilaya).

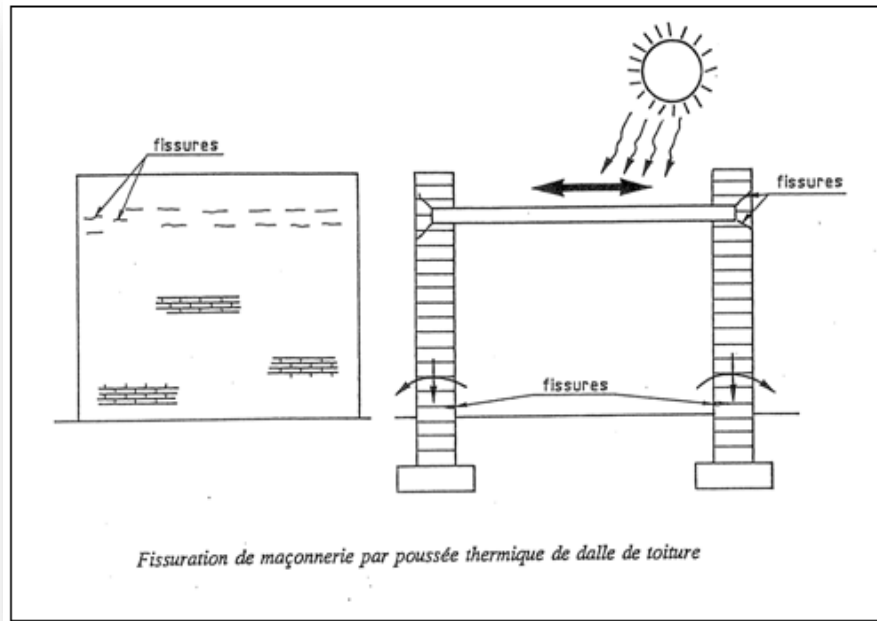


Fig I-14 : fissuration de maçonnerie par poussée de dalle de toiture.

- Désordres dans les poutres de grande hauteur

Dans certains cas de comble important nécessitant une retombée de poutre importante, on a recours à l'allégement de cette dernière (poutre en allège : c'est une poutre de grande hauteur

Ou les armatures équilibrant les efforts de traction sont concentrées au niveau des fibres les plus tendues en partie inférieure en travée ou en partie haute sur appuis).

De telles dispositions peuvent conduire à la fissuration des âmes.

On ne doit pas bien entendu, ignorer les conséquences de ces fissures qui peuvent favoriser la pénétration d'eau.

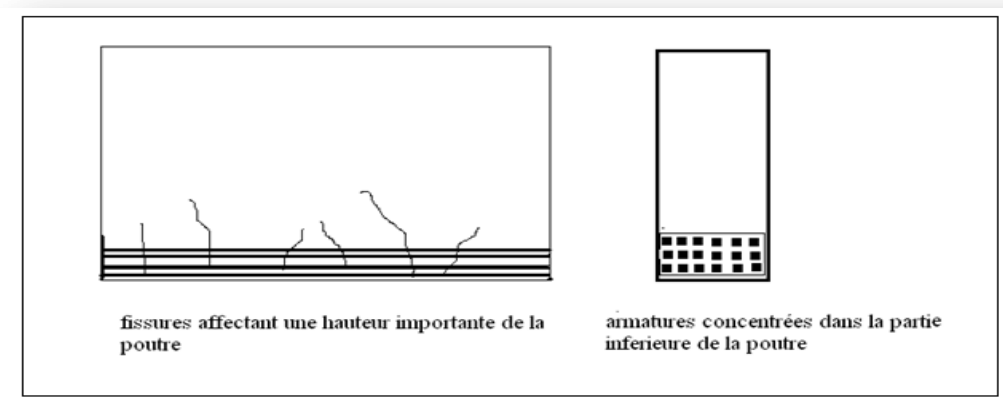


Fig I-15 : fissuration de la poutre de grande portée.

a) Effet de retrait différentiel :

On doit attirer l'attention ici sur le risque sur les désordres qui peuvent se manifester dans des ouvrages par suite des différences de retrait subies par deux parties du dit ouvrage bétonnés à des époques différentes.

- Désordres dans les planchers à hourdis creux : Ces désordres se traduisent le plus souvent par des fissures entre poutrelles coulées en place et corps creux en agglomérés de ciments.

Ces désordres semblent généralement dus à la superposition de plusieurs causes :

- retrait des poutrelles souvent étonnées avec un excès d'eau,
- mise en œuvre des hourdis non suffisamment arrosées avant exécution du plancher.
- des hourdis ayant un temps de séchage insuffisant.

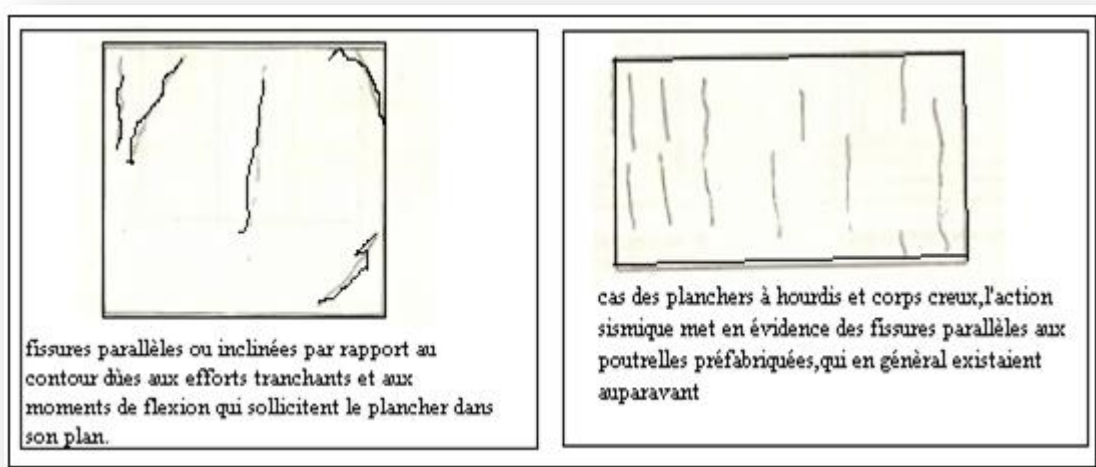


Fig I-16 : désordres dans les planchers à hourdi creux.

b) Les variations hygrothermique

L'eau, sous ses trois aspects : vapeur, liquide et glace, a une très grande influence en pathologie.

Chaque matériau possède un équilibre qui lui est propre vis-à-vis de l'état hygrométrique et de la température de l'air environnant.

Il tend vers cet équilibre, plus ou moins lentement et modifie son évolution quand l'ambiance évolue.

D'une manière générale, les matériaux augmentent de volume avec l'augmentation de leur teneur en eau et leur température et diminuent de volume dans le cas contraire.

Le béton fraîchement coulé est gorgé d'eau et en séchant, il perd son eau et accuse un retrait.

La chaleur agit de deux manières : en dilatant par effet thermique et en diminuant l'humidité relative de l'air ambiant entraînant une réduction de teneur en eau des matériaux et un retrait.

Ces deux effets antagonistes s'annuleraient en partie dans les matériaux s'ils arrivaient à se produire simultanément.

Malheureusement la cinétique des deux phénomènes est différente.

La dilatation thermique est instantanée alors que l'exsudation de l'eau incluse et la contraction corrélative sont, elle beaucoup plus lentes.

I-2-1-4 causes liées à la mise en œuvre ou d'exécution :

Ces désordres représentent environ 15.5% du total des sinistres étudiés.

On dénombre les chiffres suivants :

- Défaut de coffrage (2%) : fautes dans les opérations de coffrage
 - Absence de contreventement des étais.
 - Disposition défectueuse (mauvaise réparation des charges, poinçonnement).
 - Coffrages des joints de dilatation.



Photo I-4 : Déplacement du joint de dilatation.

- Défaut de bétonnage (4%) défauts de bétonnage :
 - Manque de compacité due à un défaut de vibration.
 - Ségrégation due à :
 1. Un excès de vibration.
 2. Coulage à une grande hauteur.
 3. Le pourcentage maximal du gros granulat.
 - Reprise de bétonnage.



Photo I-5: reprise de bétonnage.

➤ Défaut de ferrailage (7%) : faute de ferrailage :

- Positionnement inversée des armatures principales dans les éléments en porte à faux.
- Défauts d'encrage et de recouvrement (poteaux et tirants).
- Enrobage insuffisant (absence ou insuffisance de calage).
- Façonnage, mauvaise implantation des aciers en attente.

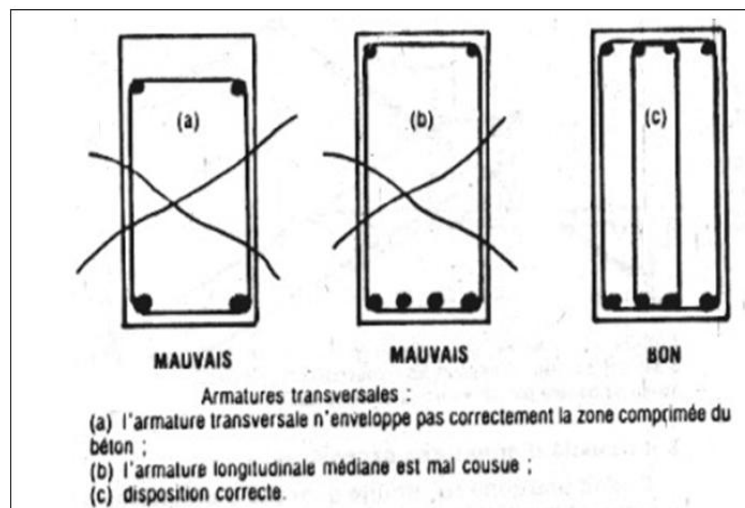


Fig I-17 : disposition des armatures.

- Défaut de décoffrage (0.5%).
- Causes multiples (2%).



Photo I-6 : endommagement à cause de l'absence d'armatures transversales dans le nœud.

I-3 CAUSES DE DÉTÉRIORATION DE BÉTON :

La détermination précise des causes d'une détérioration quelconque du béton est un sujet complexe.

Ceci s'explique par le manque de connaissance et la complexité des phénomènes qui affectent ce matériau, à leur évolution dans le temps, ainsi qu'à leur concomitance.

La plupart des références consultées se limitent à citer et définir brièvement les divers dommages du béton (Bruno Godort 2005).

En effet, la première étape est de définir les principales familles de dégradations qui affectent le béton, à savoir la fissuration, la distorsion et mouvement, les infiltrations et dépôts, les irrégularités de surface et les pertes de masse.

Ces dégradations, en fonction de leur origine sont décomposées en familles. [1]

Famille de dégradation	Dégradations comprises
Chimique	Retrait thermique, Retrait par auto dessiccation, Retrait de dessèchement, Carbonatation, Attaque des chlorures, Attaque sulfurique, Alkali-réaction Efflorescence, Ressuage, Décoloration, Exsudation, Incrustations.
Mécanique	Tassement, Assèchement de la nappe phréatique, Feu, Vibrations, Séisme, Distorsion et mouvement, Infiltration et dépôts.
Irrégularités de surface	Bullage, Nids d'obeille, Joints froids apparents, Surface irrégulières, Faïençage, poussière de débris.

Tableau I-01 : la famille de dégradation du béton.



Photo I-7 : corrosion accélérée des amorces poteaux

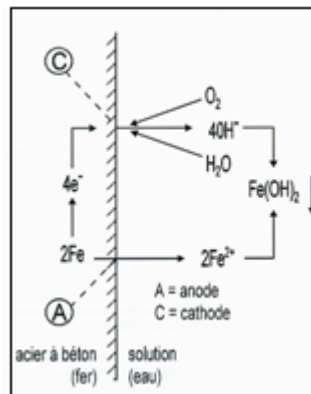


Fig I-18 : phénomène de la corrosion ou de la pile électrochimique.

CONCLUSION

Au vu de ce qui précède, nous pouvons classer les pathologies en deux types :

- Typologie par effets
- Typologie par causes

La typologie par effet est consacrée aux désordres se manifestant sous formes de fissures, dislocations, ou dégradations des matériaux.etc.

Celle par causes, reflète les conséquences d'une instabilité géotechnique, faute de conception et de calcul, défaut de mise en œuvre.....etc.

CHAPITRE II

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE L'OUVRAGE OBJET DU CAS PATHOLOGIE

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE L'OUVRAGE OBJET DU CAS PATHOLOGIE

II-1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre on va décrire l'amphithéâtre universitaire SM4, illustré en vue 3D sur la photo ci-dessous:



Photo II-1 : Amphi SM4 amphi B dans le plan de masse.

II-2-PRÉSENTATION DE L'AMPHI SM4

L'amphithéâtre universitaire SM4 est une construction en béton armé. Il appartient à la faculté des sciences de la matière de 3000+1000 place pédagogique universitaire. Il est situé au sein du pôle universitaire Mohamed Boudiaf –M'Sila, la maîtrise d'œuvre a été confiée au Bureau d'étude de la wilaya de M'Sila (B.E.R.M).

L'amphi a été construit en 2008, il fait partie d'un ensemble d'infrastructures pédagogiques définissant le pôle universitaire de l'université Mohamed Boudiaf de M'Sila.

II-3 SÉISMICITÉ :

La wilaya de M'Sila est classée par le règlement parasismique algérien version 2003 « RPA VERSION 2003 » comme une zone de moyenne séismicité zone IIa.

II-4 CONCEPTION ARCHITECTURALE:

Au pôle universitaire, les deux amphis A et B sont identiques du point de vue conception architecturale [2] que du point de vue structurale [2].

La figure II.3 montre la position des deux amphis A et B dans l'enceinte du pôle universitaire. Par contre la figure II.4 la conception architecturale des deux amphis.



Fig II-1 : Photo satellitaire en coordonnée UTM localisant l'ouvrage subissant des pathologies dans le pôle universitaire.

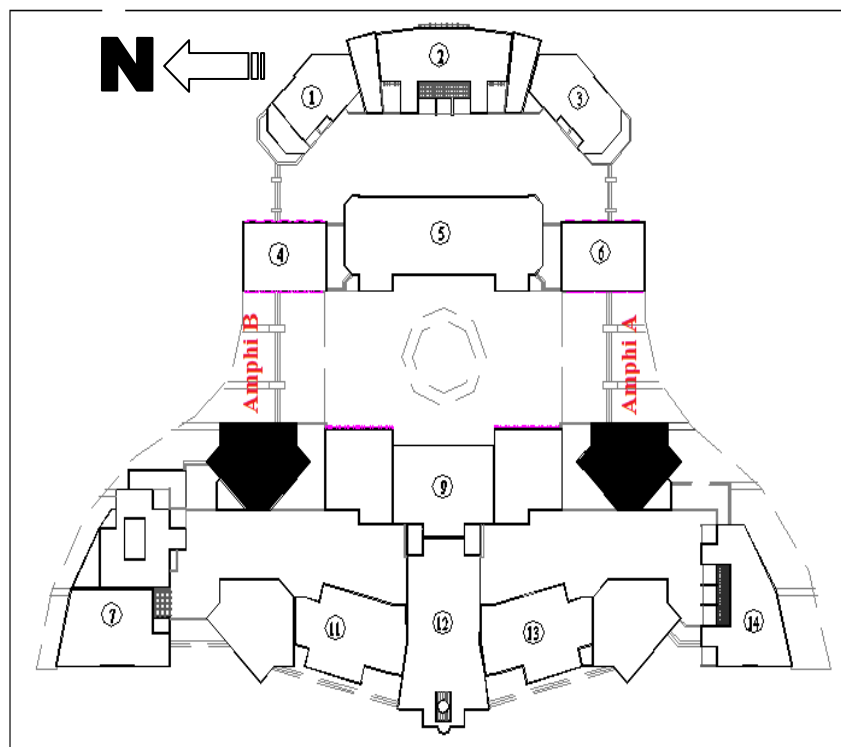


Fig II-2 : Plan de masse. [2]

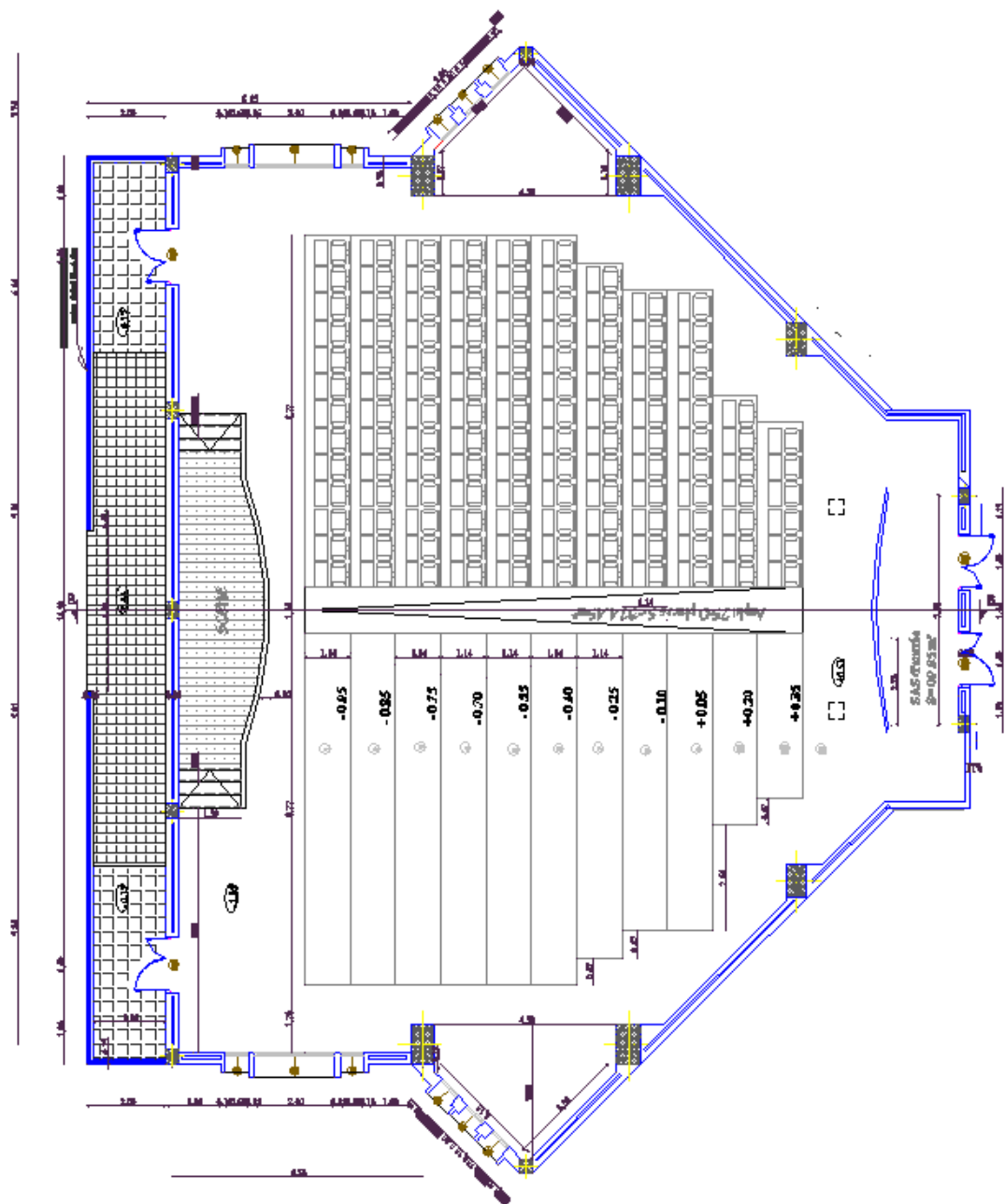


Fig II-3 : Plan d'architecture échelle 1/150.[2].

Longueur (m)	22.40
Largeur total (m)	28.12
Hauteur total (m)	4.25
La portée (m)	22.7

Tab II-1 : caractéristiques géométriques de l'amphi SM4.

II-5 CONCEPTION STRUCTURALE

II-5-1) Fondations:

Elle est constituée de semelles isolées supportant des poteaux liés par des longrines, le plan de fondation est schématisé sur la figure ci-dessous

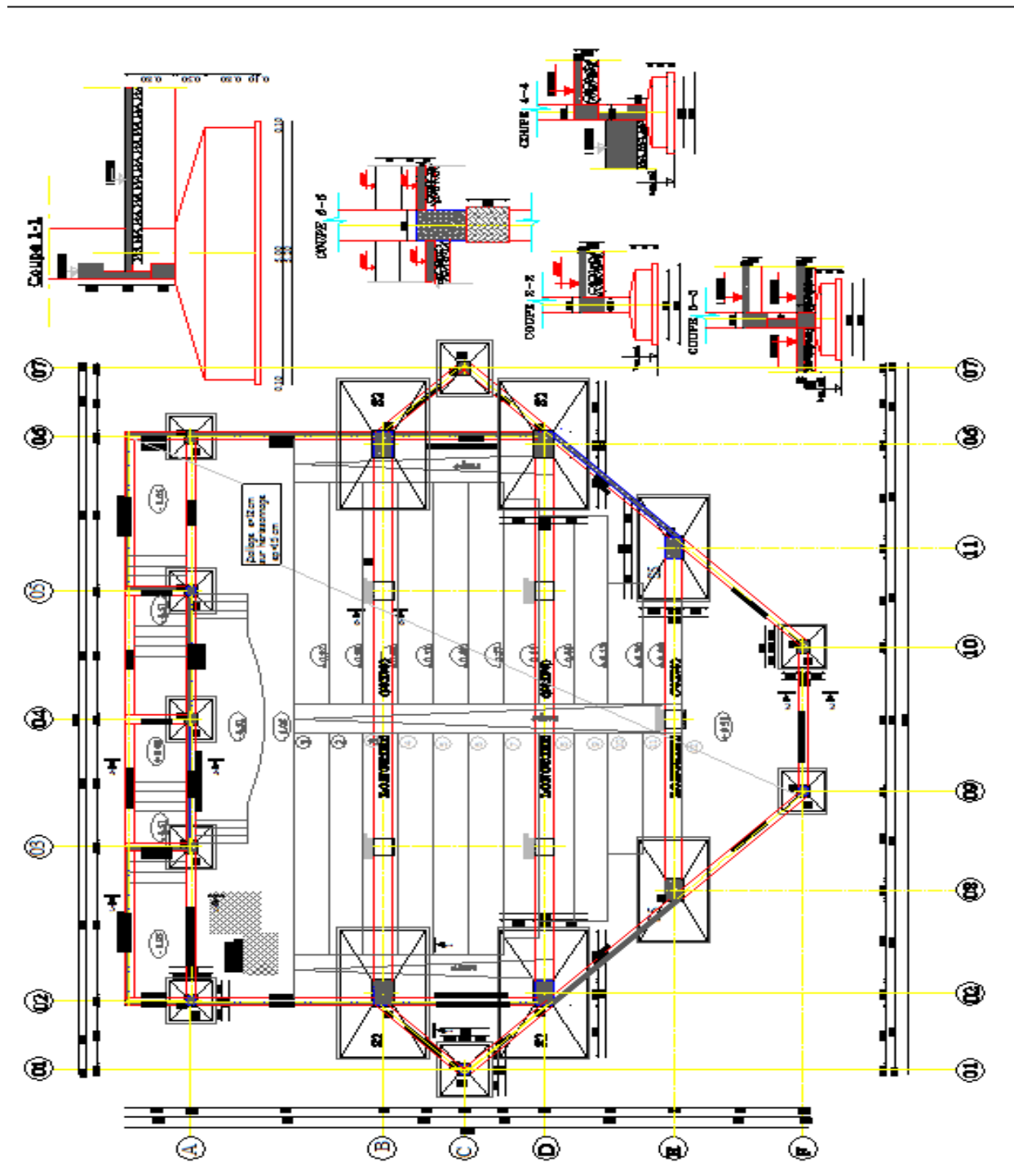


Fig II-4 : Coffrage des fondations échelle 1/200 [2].

II-5-2) La superstructure :

La superstructure de l'ouvrage est constituée de portiques autostables (poteaux poutres) en béton armé. Le plancher terrasse est conçu en corps creux avec une dalle de compression (20+5)cm, les poutrelles ou nervures s'appuyant sur la semelle inférieure des deux poutres principales en allège et sur les semelles inférieures des poutres secondaires du même plancher.

Les deux portiques principaux (poutre en allège) ont une portée entre nue 20.70m et sont distant l'un de l'autre 4.58m.

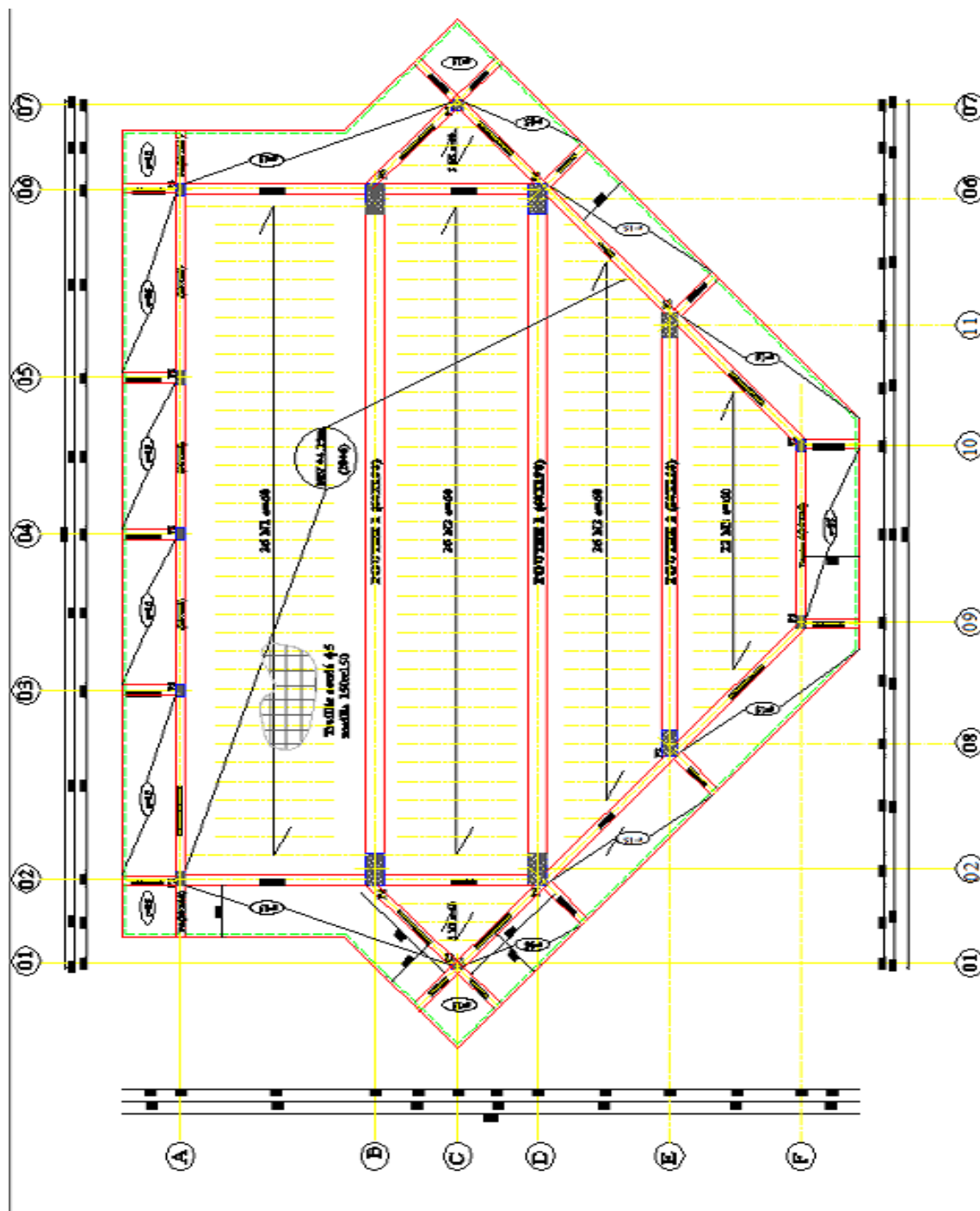


Fig II-5 : Coffrage plancher échelle 1/200. [2]

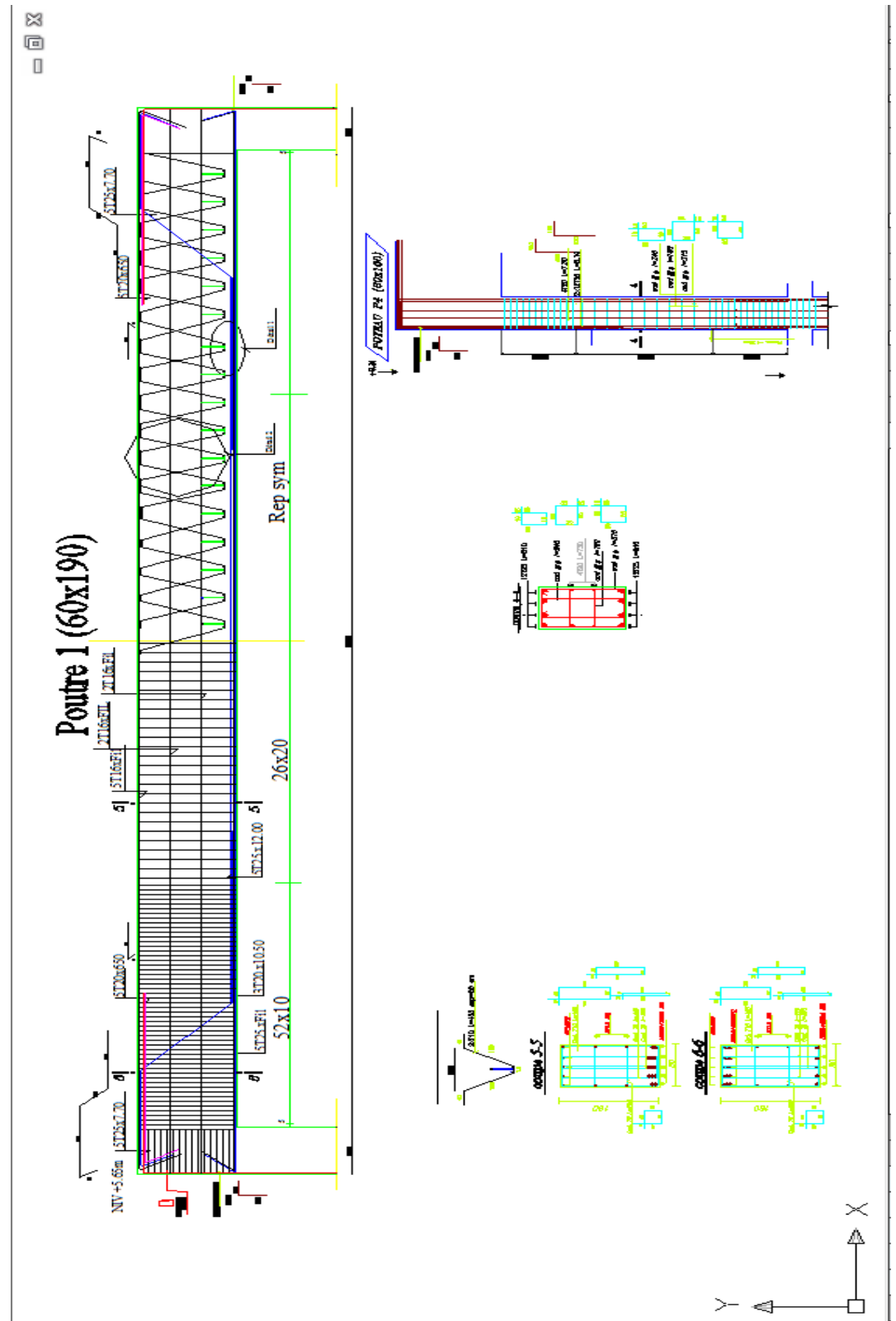


Fig II-6: Ferrailage des poutres et poteaux échelle 1/20. [2]

II-5-3) Maçonneries :

Les murs extérieurs sont réalisés en briques creuses avec une paroi externe de 15cm, d'épaisseur et une paroi interne de 10 cm d'épaisseur. Les deux parois sont séparées par un vide de 5 cm d'épaisseur.

Les murs intérieurs sont en cloison simple de 10 cm d'épaisseur.

CHAPITRE III

CONSTAT DES DÉSORDRES

CHAPITRE III : CONSTAT DES DÉSORDRES

III-1 INTRODUCTION

Dans Ce chapitre en présentera les différents désordres constatés dans l'amphi en question. Au début de l'année 2008, des pathologies sont apparues dans l'ouvrage ; Les photos ci-dessous présentes les dégradations dans l'ouvrage expertisé :



Photo III-1 : Éclatement des vitres.



Photo III-2 : Fissures de la maçonnerie au niveau de l'ouverture se forme de diagonale tendue.



Photo III-3 : Affaissement de la maçonnerie surmontant l'ouverture.



Photo III-4 : Rupture du mur au niveau de l'ouverture selon une direction privilégiée.



Photo III-5 : Fissure verticale au niveau de la jonction poutre poteau.



Photo III-6: Marquage des fissures obliques sur l'âme de poutre au niveau de l'appui droit.



Photo III-7 : Fissure systématique du béton sur la rive gauche.

CHAPITRE IV

ANALYSE DES DÉSORDRES

CHAPITRE IV ANALYSE DES DÉSORDRES

IV-1 INTRODUCTION

L'analyse des désordres est une partie très intéressante dans cette étude, un bon diagnostic peut nous aider à prévenir des pathologies semblables dans le futur.

À priori les causes probables des désordres survenus dans l'amphi SM4 peuvent être d'ordre géotechnique, structurel ou mise en œuvre. Pour dissiper toute relation d'incrimination d'une cause relativement à une autre, nous devons procéder par élimination des causes probables.

Les désordres constatés sont localisées spécialement sous l'emprise des deux portiques principaux (1 et 2) de portée 20.70 m entre nues d'appuis. La section transversale de la poutre est de 0.60m X 1.90m.

À travers ce chapitre, il s'agit de faire le point sur les causes des désordres survenus dans l'amphi SM4.

IV-2 DÉSORDRES POUVANT ÊTRE CAUSÉES PAR DES PROBLÈMES D'INSTABILITÉ GÉOTECHNIQUE :

Avant toute conception et adaptation des fondations, le maître d'ouvrage doit contracter un laboratoire de mécanique de sol en vue de définir la caractérisation des données du sol qui va servir comme assiette au projet.

À partir de la demande de la **DLEP** de wilaya de M'SILA comme maître d'ouvrage délégué, par lettre de commande, le laboratoire **AICHE GEO-SOL** a rédigé un rapport géotechnique. [3]

Nous résumons sommairement dans ce qui suit les résultats conclus dans ledit rapport.

L'étape d'étude de sol a consisté à 14 sondages carottés et 24 sondages au pénétromètre dynamique. Ont été exécutés jusqu'à une profondeur de 10 m, les sondages correspondant aux amphis A et B sont respectivement S3, P22 et S12, P17 (voire l'annexe 1, 2,3 et 4).

- Le site devant recevoir le projet des 3000+1000 places pédagogiques, présente une morphologie globalement régulière qui laisse apparaître tout au plus une légère pente, orientée vers l'est. Cependant, l'instabilité du terrain n'est pas à craindre. [3]
- La reconnaissance géotechnique montre que le terrain n'est pas tout à fait homogène du point de vue lithologique. Le terrain est plutôt un peu hétérogène dans la mesure où l'on rencontre dans la partie située à l'est de l'assiette (ZONE A), une argile proche de la surface, recouverte par une mince couche de galets et cailloux à matrice sableuse. Tandis que dans l'autre partie de l'assiette (ZONE B), se tient une terrasse épaisse de galets et cailloux à matrice sableuse, reposant à partir de 4 à 6 m de profondeur sur une argile marneuse renfermant des passages de sable compact. [3]

Notons que notre ouvrage est bien situé dans la zone B. [3]

- Les essais pénétrométriques n'ont pas pu de confirmer cette hétérogénéité, cependant tous ces essais on buté proche de la surface, sur la terrasse de galets et cailloux. [3]
- L'étude géotechnique a relevé pour ces formations des caractéristiques physiques et mécaniques moyennes à bonnes. Ce qui plaide en faveur de la constructibilité du site. Néanmoins, l'hétérogénéité du sol support, nous conduit de retenir une contrainte admissible pour chacun de ces zones, à savoir

ZONE	Contrainte	Ancrage
A	1.8 bars	1.5m
B	2.3 bars	1.5m

Les tassements induits sous la contrainte sus indiqués sont acceptables, ils sont inférieurs à 4cm. [3]

- Les analyses chimiques effectuées sur les échantillons prélevés ont révélé une présence notable de sulfates d'où une forte agressivité du sol. De ce fait, il est vivement recommandé l'utilisation d'un ciment spécial dans le béton d'infrastructure. [3]

Ici la présence de sulfates peut nuire aux fondations sous deux aspects : le premier consistant à la dégradation étringitiques des bétons de fondations, le deuxième est névralgique en cas de saturation et dissolutions des sulfates provoquant des tassements non admissibles.

- En fin nous recommandons de classer le site dans la catégorie de sols meubles soit la classe S2 selon¹e RPA 99. [3]

Conclusion

Au vu de cette conclusion il nous apparait que les caractéristiques géotechnique du sol au niveau de l'amphi A sont les même au niveau de l'amphi B (homogénéité géotechnique du terrain).

Ce qui nous permet d'écarter sans ambiguïté de la thèse d'une instabilité d'ordre géotechnique.

IV-3 INSTABILITÉ D'ORDRE STRUCTURALE

On peut à première vu reprocher dans l'existence de problème liée : au coffrage, au ferrailage des deux portiques principales.

Cependant ce coffrage est ferrailage des deux portiques est similaires pour les deux amphis.

L'amphi A est saint et sauf qui est resté à l'abri de toute pathologie.

Ce qui nous permet également d'affirmer dans un premier lieu que cette cause n'est pas la cause principale de cette pathologie constatée.

IV-4 CAUSES LIÉES À LA MISE EN ŒUVRE :

Après avoir écarté les deux hypothèses qui peuvent être les causes à l'origines des désordres à savoir : la géotechnique et le coffrage et ferrailage, il nous reste par cette méthode de diagnostic par élimination que la possibilité d'incriminer une mauvaise qualité de mise en œuvre du béton mise en place pour les deux portiques principales ; à savoir la qualité du béton.

IV-5 DIAGNOSTIC DE LA QUALITÉ DU BÉTON MISE EN ŒUVRE :

- Après avoir écarté les deux causes probables de la géotechnique et la conception structurale, il nous reste que le problème lié à la mise en œuvre du béton.
- Une expertise dans ce sens a été exécutée par le laboratoire du CTC, qui a consisté tout d'abord en une campagne d'essai combiné ultrason-scléromètre. Ces essais ont été exécutés sur la partie en allège après avoir dénudé la poutre de son étanchéité en pax-alumin et sur sa face inferieure après avoir enlevé une partie du faux plafond en Placoplatre. Le résultat de cette expertise peut être consulté à l'annexe (5) à la fin de ce mémoire.

Au vue des conclusions du rapport d'expertise ; il ressort en filigrane qu'il une insuffisance de ferrailage accentué par une qualité de béton médiocre.

- Une investigation complémentaire a été décidée ,consistant en l'emplacement de témoins sur les fissures apparues ; pour s'assurer de l'évolution de ces fissures ou de leurs estompement.



Photo IV-1 : Emplacement des témoins en plâtre

Montage des témoins sur les fissures afin de suivre leur évolution dans le temps. Le témoin est formé d'une couche mince en plâtre, d'environ 1mm d'épaisseur, 1.5 de largeur et 10-12cm de longueur.

Apré une période d'observation de deux mois environ , ces dits fissures ce sont réouvertes à nouveau, ce qui implique de l'evolution de ces désordres.



Photo IV-2 : Afin de placer les témoins en plâtre, la poutre a été dérobee de l'étanchéité en pax- alumine.

- L'entreprise a décidé unilatéralement de passer directement aux essais destructifs, consistant au carottage de l'âme de la poutre.

Cette investigation a été menée par le laboratoire LNHC, antenne de Bouira. (Annexe 6)



Photo IV-3 : La carotteuse.



Photo IV-4 : Les carottes prélevés dans trois endroits choisies pour passer directement aux essais destructifs.



Photo IV-5 : Cette photo montre l'homogénéité de béton et la granulométrie.

- Les carottes ont exhibé une qualité acceptable du béton, Par l'inspection visuelle, ce qui résulte que la première hypothèse peut être plus incriminée que la deuxième.
- La décision a été refaire les deux portiques principales de cet amphi



Photo IV-6 : Commencement de la démolition de la poutre après la décision de CTC à cause l'insuffisance dans le ferrailage accentuée par un qualité amoindrie du béton, la démolition de poutre se fait sans toucher le plancher.



Photo IV-7: Cette photo montre que le relevé des barres bateau n'a pas été bien soigné, et aussi l'insuffisance des cadres transversaux



Photo IV-8 : Toutes les barres bateaux ont été relevées aux mêmes endroits ce qui a rendu inefficace leur destination.



Photo IV-9 : L'encombrement du ferrailage rend difficile la mise en œuvre du béton, (Impossible de mettre en œuvre un béton armé).

Donc on peut supposer autre cause de dégradation de la poutre laquelle la grande densité des aciers par rapport la petite densité de béton.

On peut admettre à cet effet qu'une grande partie de la pathologie constatée est due à cet effet.



Photo IV-10: L'aditif au plan de ferrailage recommandé par B.E.R.M.

- Comme nous avons vu précédemment la cause de désordre c'est l'insuffisance de ferrailage accentuée par une qualité amoindrie du béton, donc le Bureau d'Étude a conçu un nouveau plan aditif pour remédier aux insuffisances stipulées par le CTC formulés à savoir :
 - La conservation de l'espacement le long de la poutre pour mieux reprendre à l'effort tranchant.
 - Addition des cadres internes (double cadre) puisque la retombée de la poutre est très importante.
 - Ajustement du ferrailage de la zone nodale (entre poteau et poutre) pour assurer le cheminement des efforts entre le ferrailage horizontal de la poutre avec le ferrailage vertical du poteau.

IV-6 SIMULATION NUMÉRIQUE DU CAS PATHOLOGIQUE

Dans le but de comprendre le phénomène de pathologie survenu dans le portique principale de l'amphi, caractérisé par des fissures d'orientation diverses comme schématisé dans le chapitre III (constat de désordres) ; une ébauche de simulation numérique a été accomplie sous l'environnement du logiciel ANSYS.

IV-6-1 Présentation du code de calcul ANSYS :

Le logiciel ANSYS a été développé par Dr. John Swanson, fondateur de la société ANSYS Inc. qui a son siège à Houston, PA, USA. Il s'agit d'un outil de développement en analyse d'ingénierie. La méthode utilisée est celle des éléments finis. Il est utilisé dans des domaines allant.

Le logiciel ANSYS est abrégé de « Analyse Système » basé sur la méthode des éléments finis.

Il est utilisé pour simuler d'une grande variété de problèmes dans les sciences de l'ingénieur, ces simulations ont pour objectif de réduire les essais sur les prototypes. Parmi les domaines qu'ils traitent, on cite des analyses des structurales statiques, dynamiques, mécanique des ruptures,

fatigue, voilement, effet de contact, le fluage, le gonflement, transfert de chaleur, écoulements des fluides, magnétique, électronique, acoustique et tous ces calculs peuvent se faire avec et sans effet temporels.

Ce programme s'adapte à plusieurs types de comportement structuraux tel que l'élasticité linéaire et non linéaire et la plasticité.

La bibliothèque d'élément finis que possède ce programme compte une soixantaine types d'élément finis adapté pour chaque analyse citée au-dessus.

IV-6-2 Présentation du travaille :

On va faire la simulation d'une poutre en béton armé on utilisant l'ANSYS version 12, pour déduire les déformations et comparer avec le diagnostic effectué sur chantier.

IV-6-3 Les données à introduire dans notre cas :

- Béton :

Suivant la valeur caractéristiques du béton $f_{ck} = 18 \text{ MPa}$

On utilise les formules de l'euro code 2 concernant la loi du comportement de béton

$$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0.3}$$

$$f_c = \left(\frac{k_n - n^2}{1 + (k - 2)n} \right) f_{ck}$$

$$\text{Tel que } \begin{cases} n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} \\ 1.05 E_c \frac{\varepsilon_c}{f_{ck}} \end{cases}, \text{ et } \varepsilon_c = 0.002$$

Pour la première déformation : $f_c = 0,4 f_{ck}$

Et pour : $E_{cm} = 28125 \text{ N/mm}^2$

On trouve les résultats suivants :

ε	0.00032	0.0008	0.0012	0.002
N	0.16	0.4	0.6	1.1
K	3.41	3.41	3.41	3.41
f_c (MPa)	9	13.85	16.43	17.92

Les charges supportées par la poutre :

La poutre est chargée par un plancher terrasse non accessible, les charges G et Q évaluée selon le D.T.R.B.C.22 sont :

- 1) Gravier de protection (5cm) : $0.05 \times 17 = 0,85 \text{ KN/m}^2$
- 2) Étanchéité multicouche (2cm) : $0.02 \times 6 = 0,12 \text{ KN/m}^2$
- 3) Forme de pente (8cm) : $0.08 \times 20 = 1,6 \text{ KN/m}^2$
- 4) Isolation thermique (4cm) : $0.04 \times 4 = 0,16 \text{ KN/m}^2$
- 5) Plancher à corps-creux (20cm) : $2,8 \text{ KN/m}^2$
- 6) Enduit de plâtre (2cm) : $0,02 \times 13 = 0,26 \text{ KN/m}^2$

Donc on trouve : $G = 5,79 \text{ KN/m}^2$ et $Q = 1 \text{ KN/m}^2$

$$\text{À ELS : } G + Q = 6,79 \text{ KN/m}^2 = 0,00679 \text{ N/mm}^2$$

La largeur du plancher supportée par cette poutre $(5,25+6,24)/2 = 5,745 \text{ m}$

La charge totale sur la poutre $6,79 \times 5,745 = 39 \text{ KN/ml}$

IV-7 LES RÉSULTATS DU SIMULATION

Notre poutre sera comme suit :

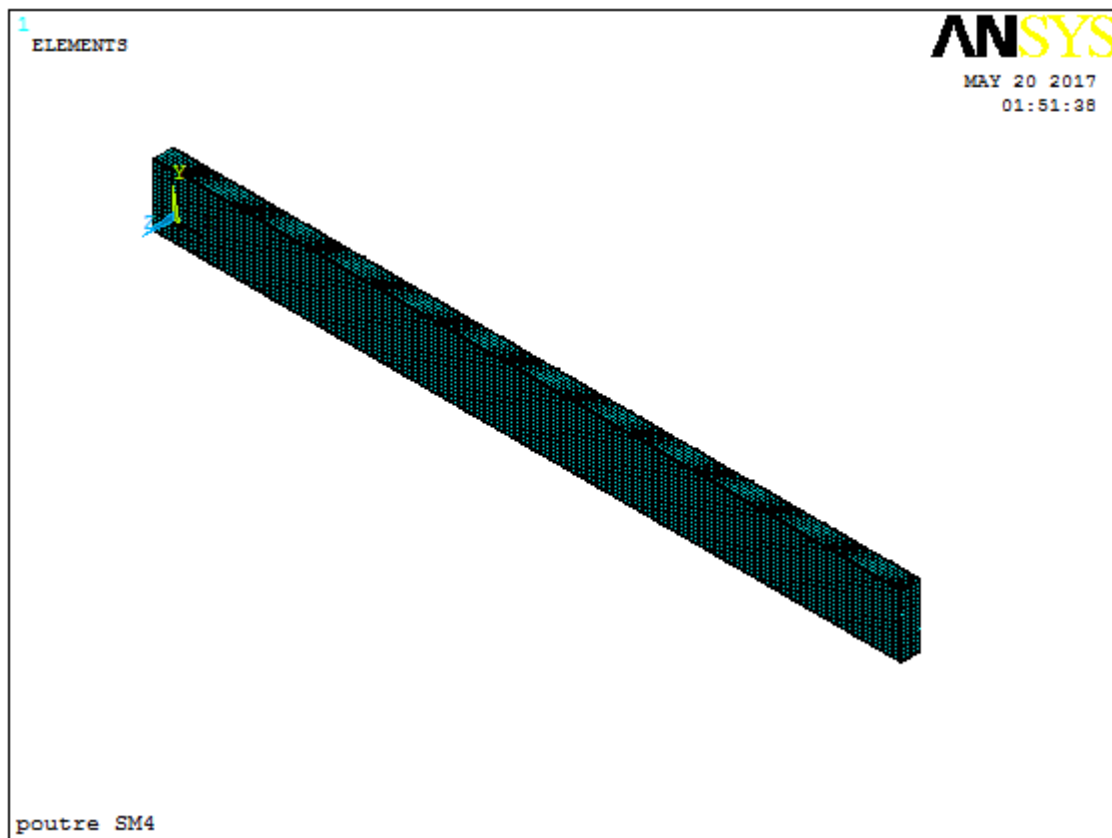


Fig. IV-1 : La poutre complète discrétisée en 3D.

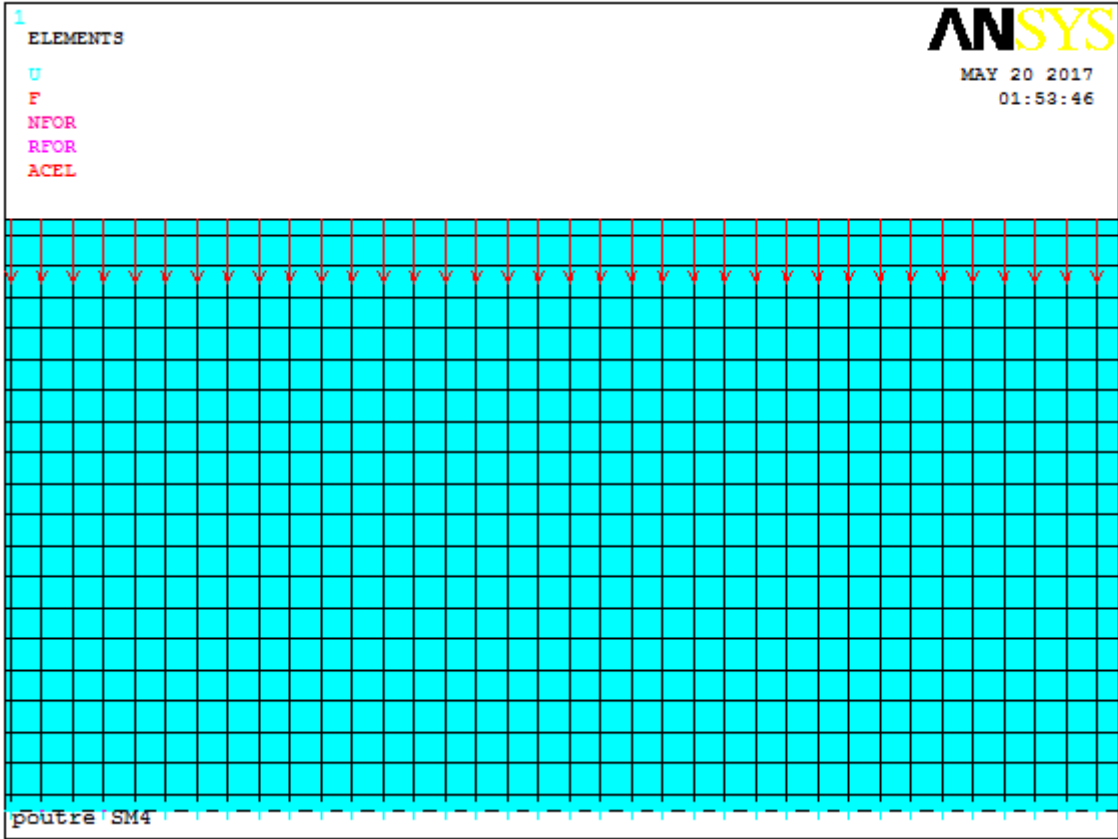
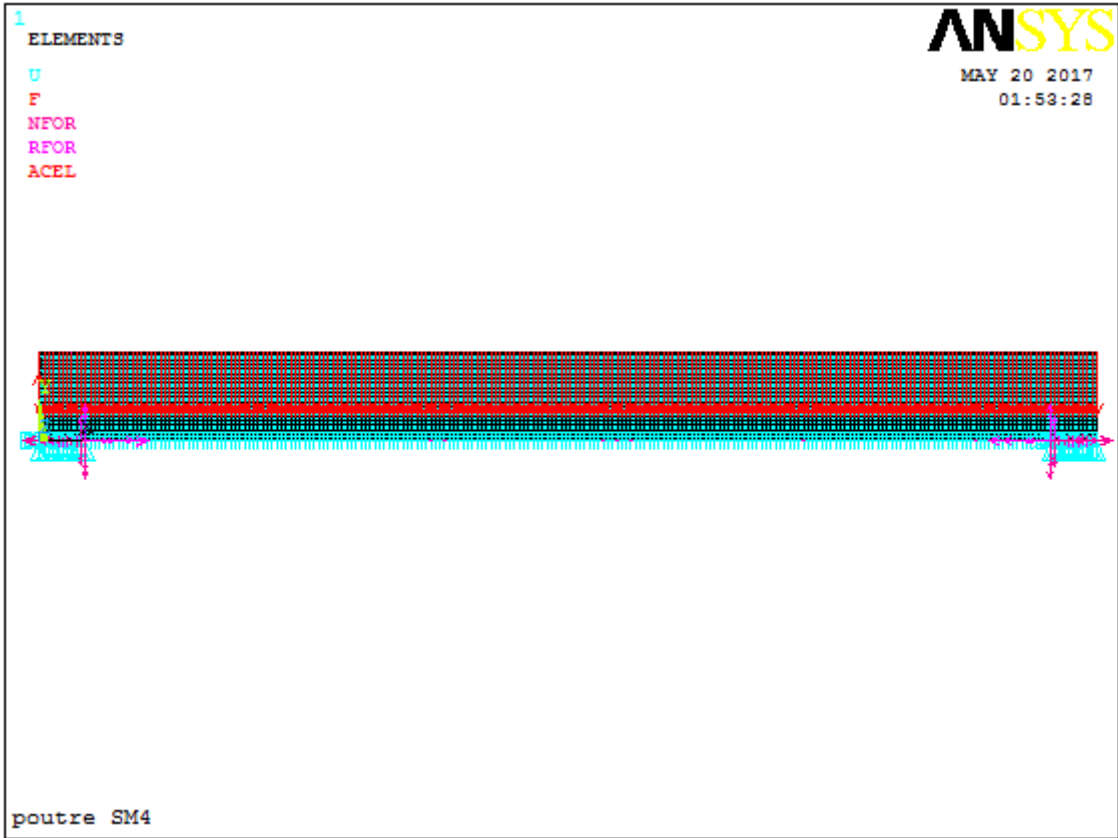


Fig. IV-2 : La poutre étudiée discrétisé sou une charge répartie.

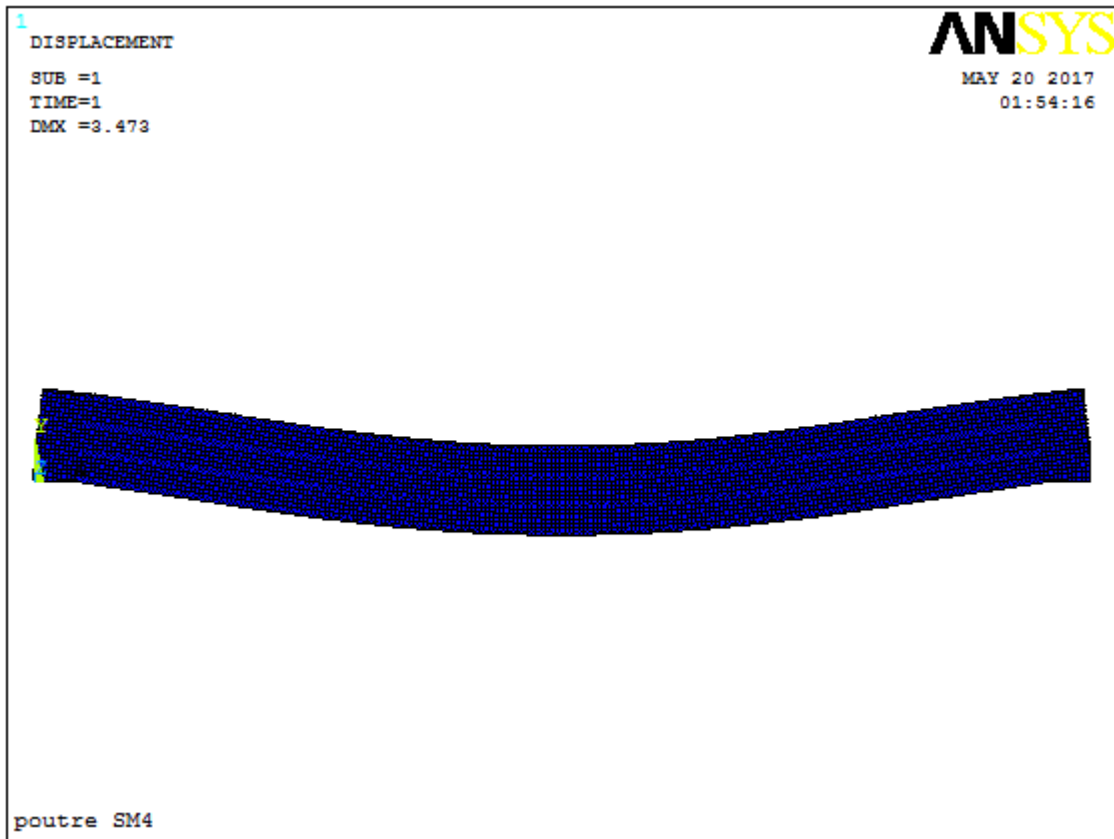


Fig. IV-3 : La déformation de la poutre.

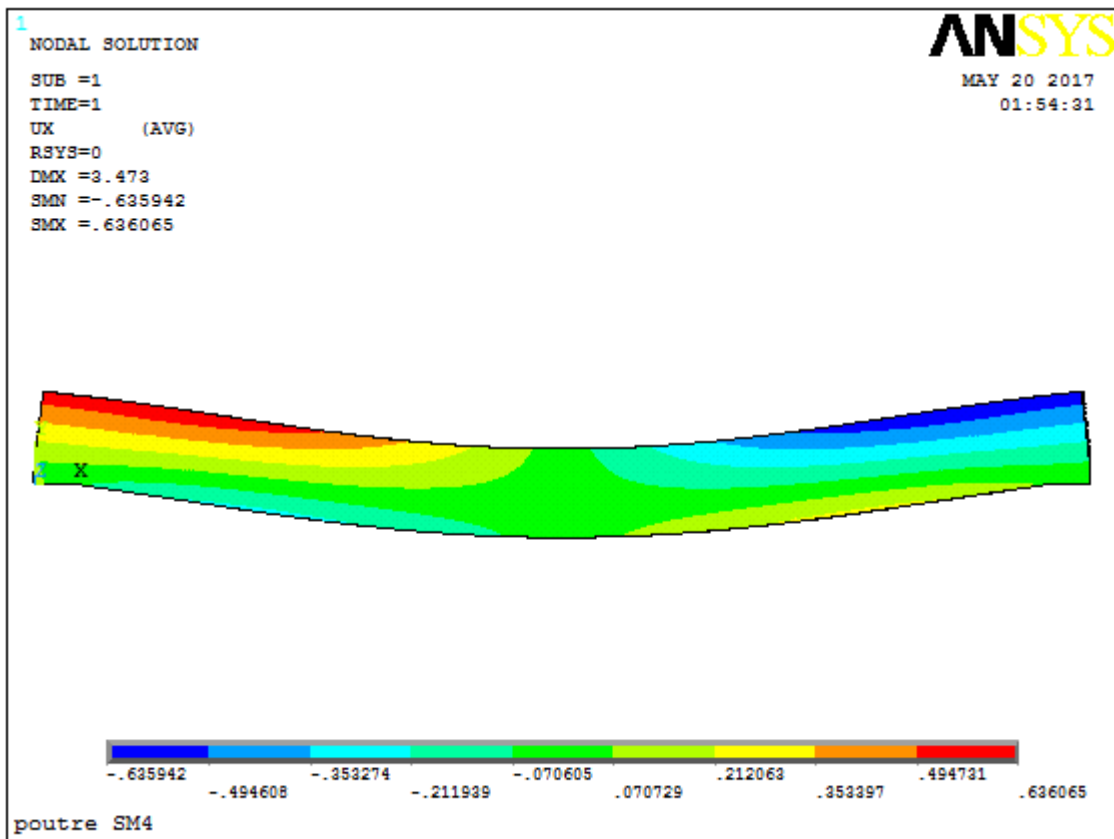


Fig. IV-4 : Les déplacements selon X.

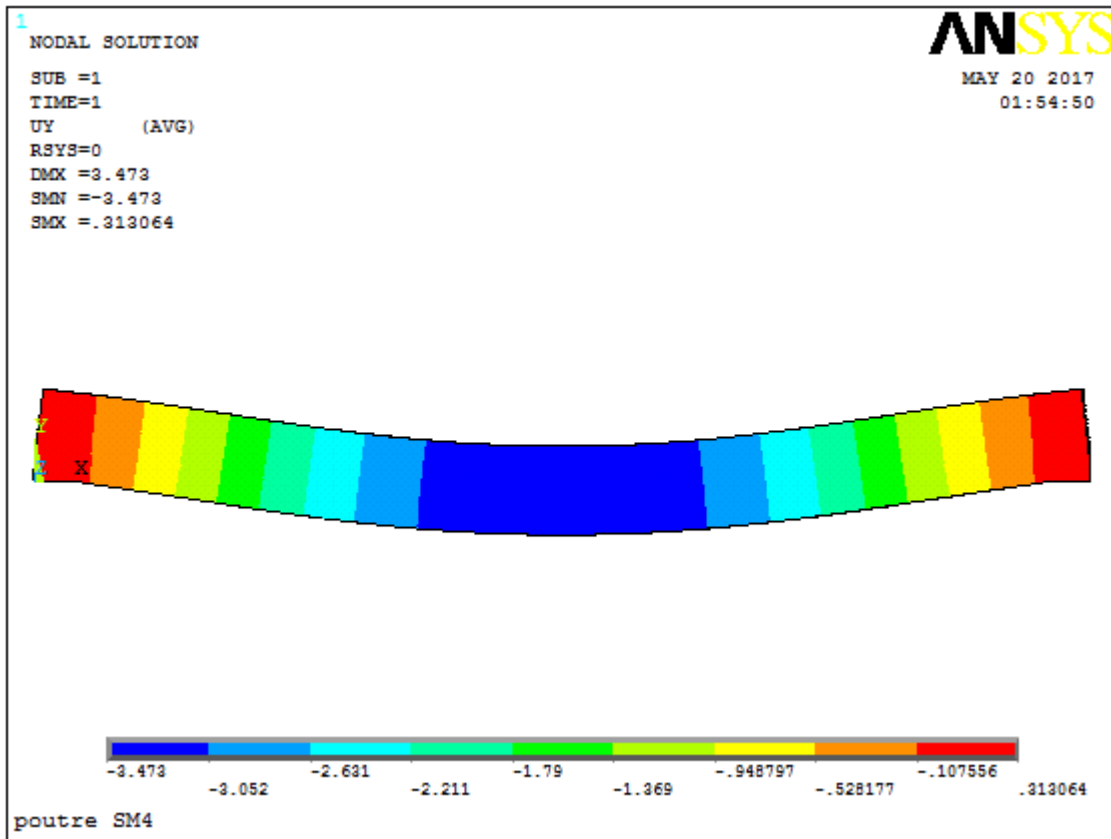


Fig. IV-5 : Les déplacements selon Y.

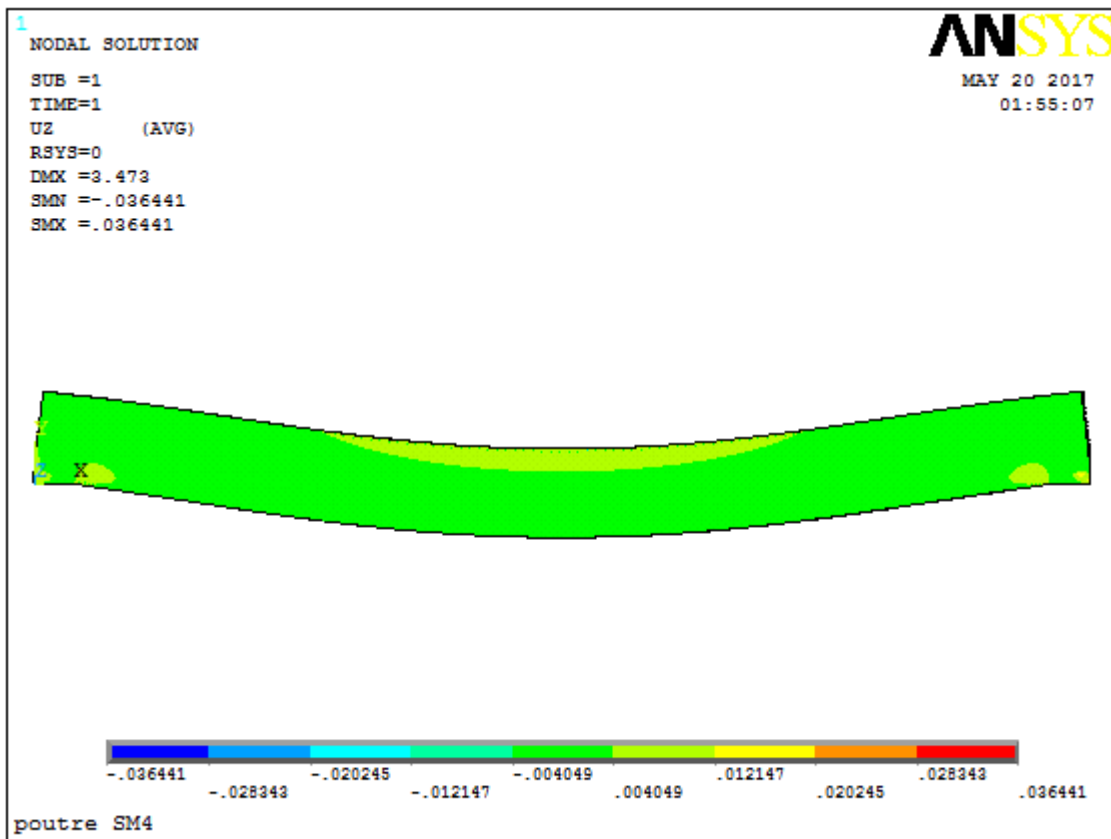


Fig. IV-6 : Les déplacements selon Z.

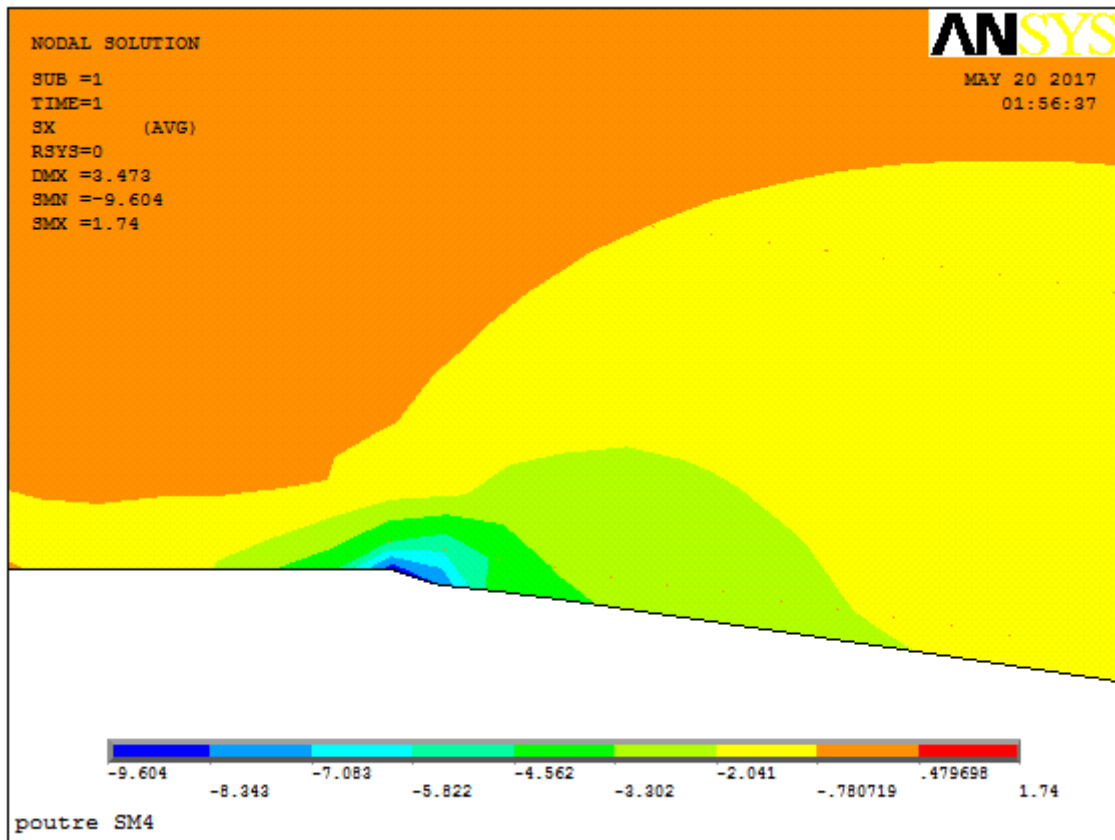
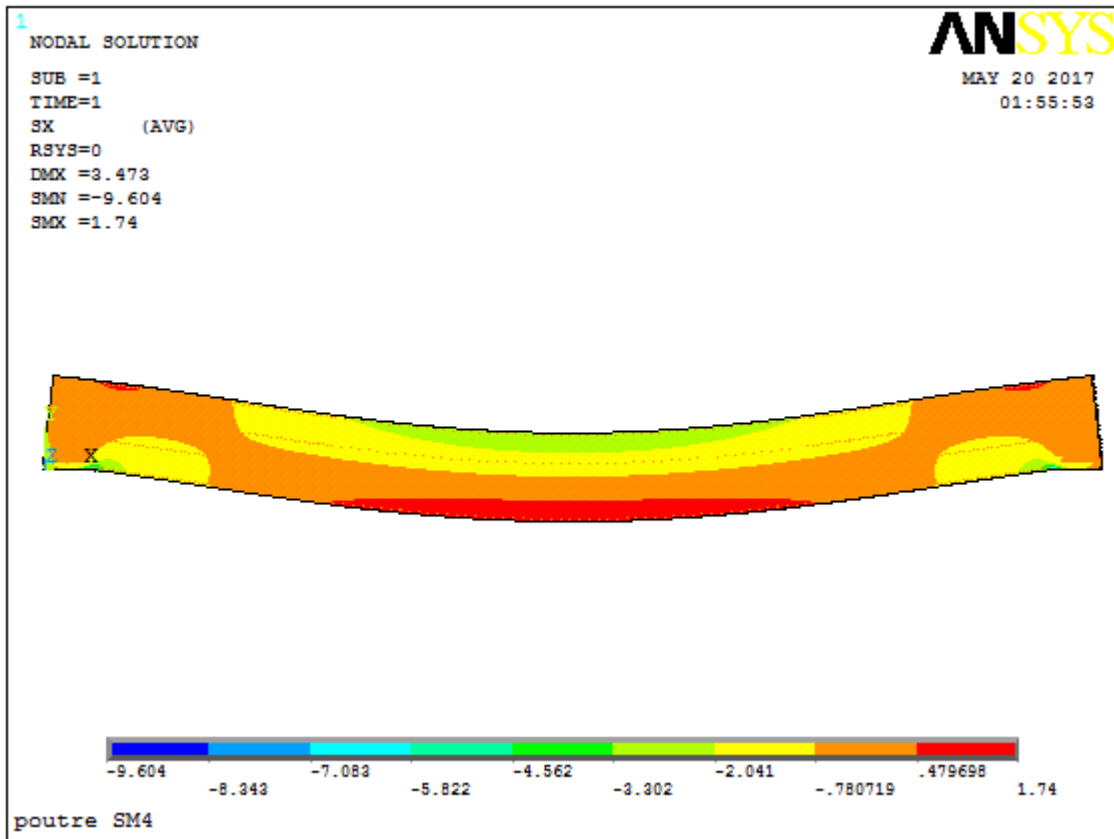


Fig. IV-7 : La concentration des contraintes selon X.

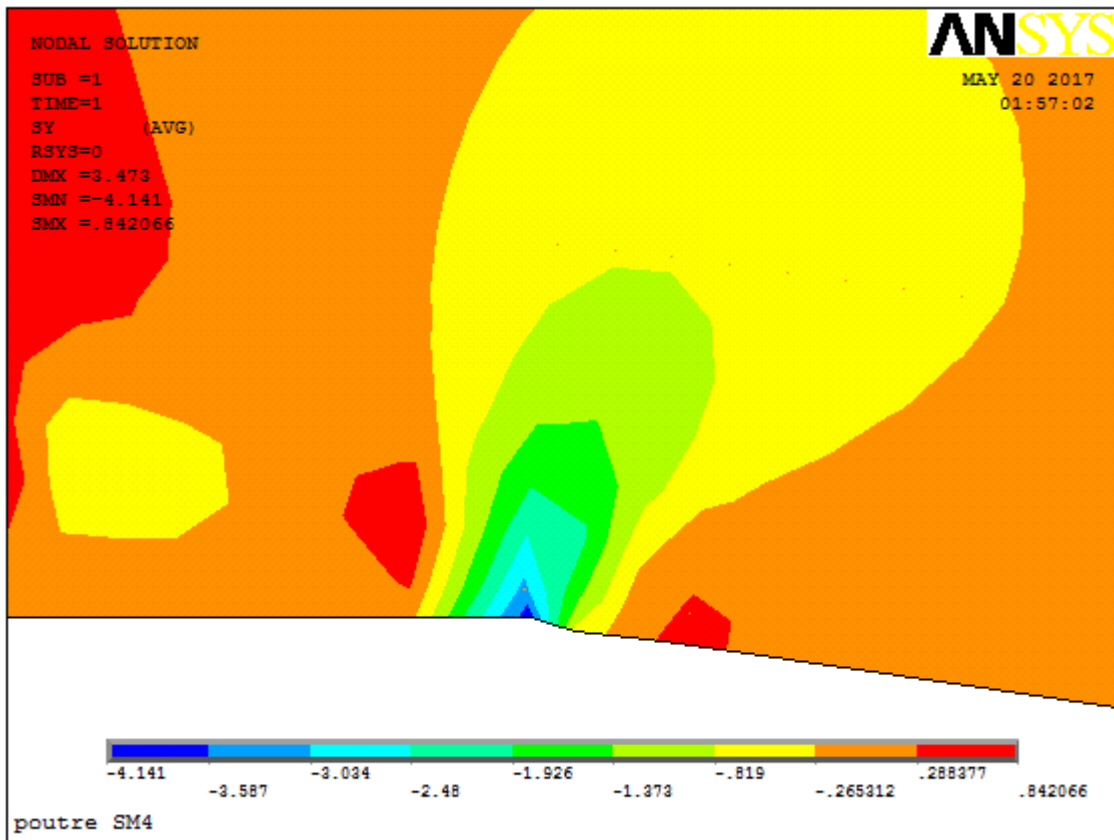
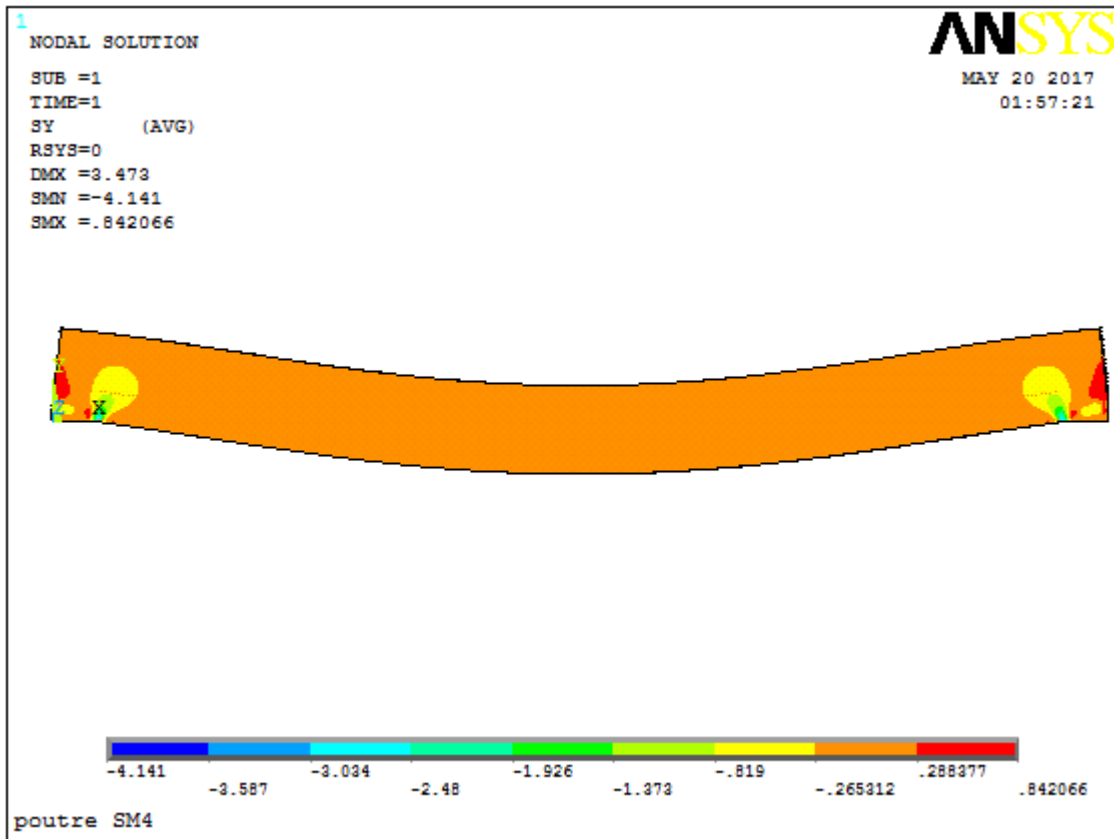


Fig. IV-8 : La concentration des contraintes selon Y.

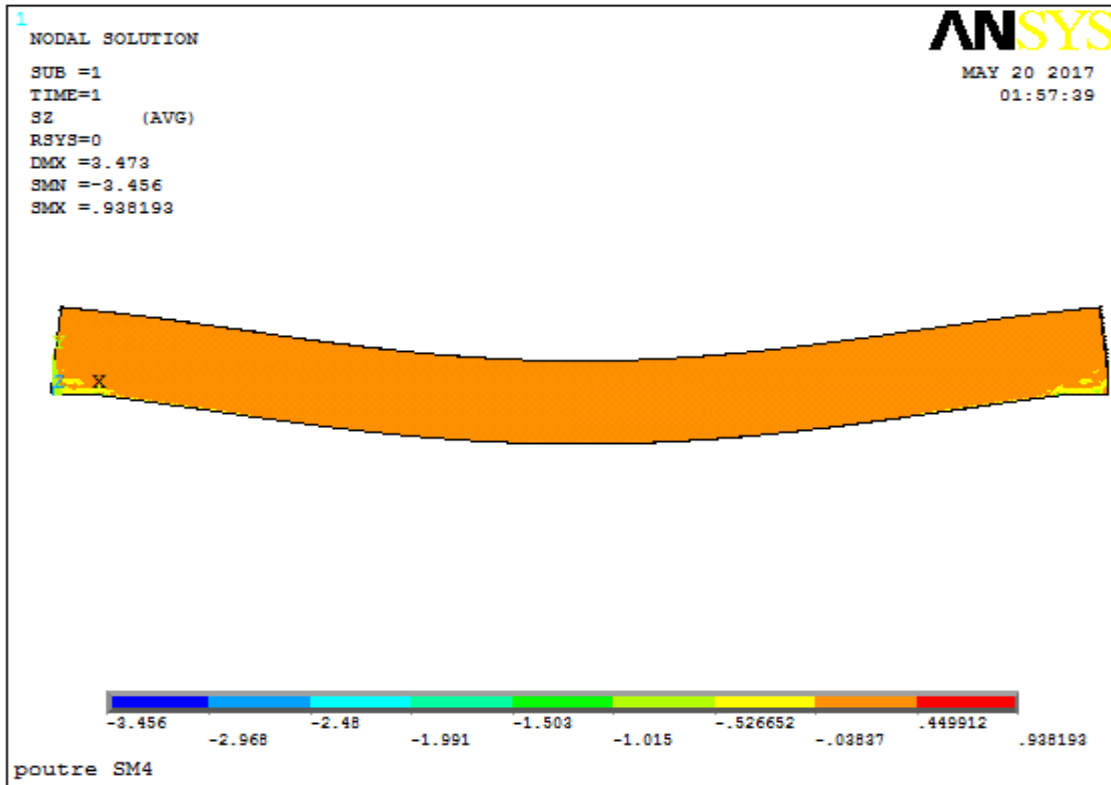


Fig. IV-9 : La concentration des contraintes selon Z.

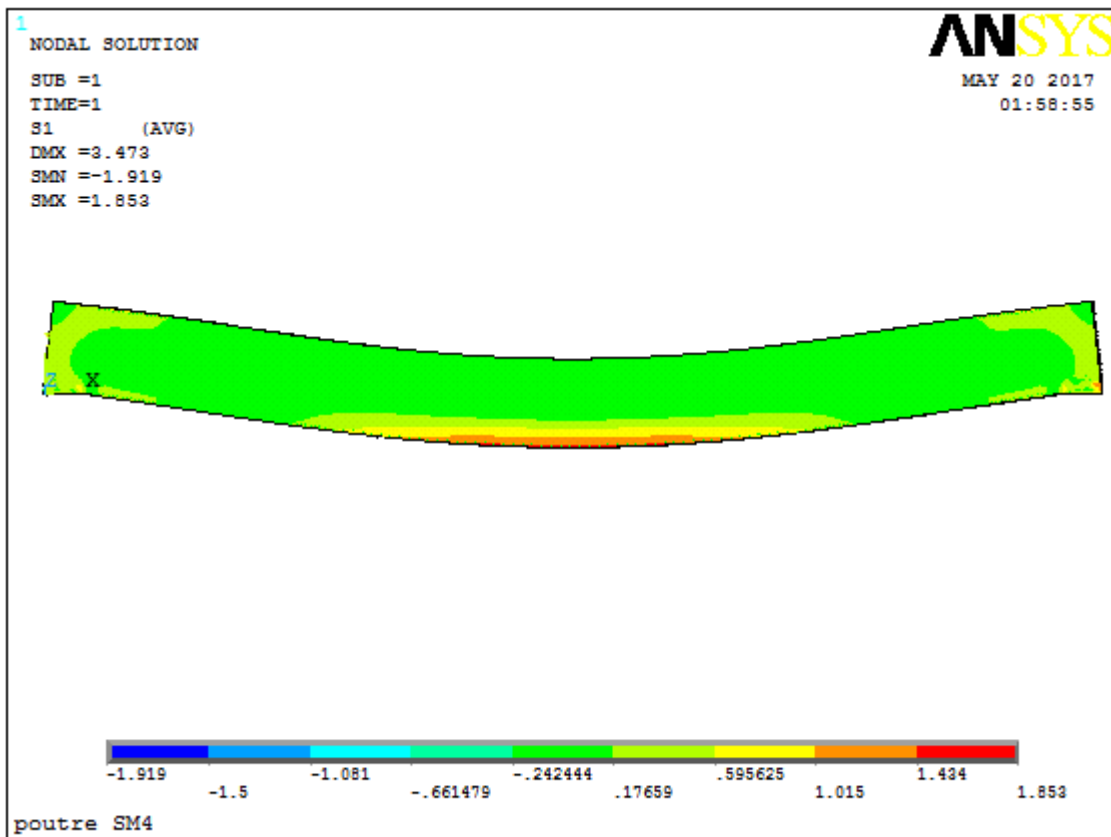


Fig. IV-10 : La première contrainte principale σ_1 .

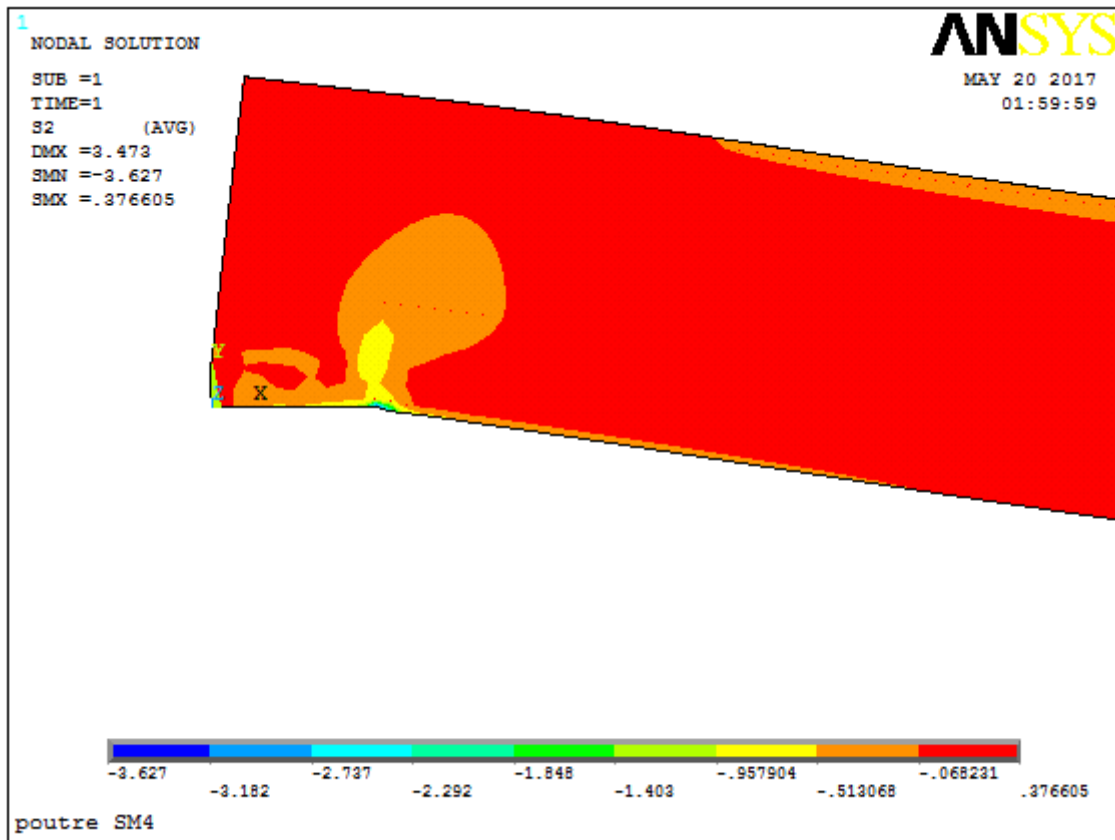
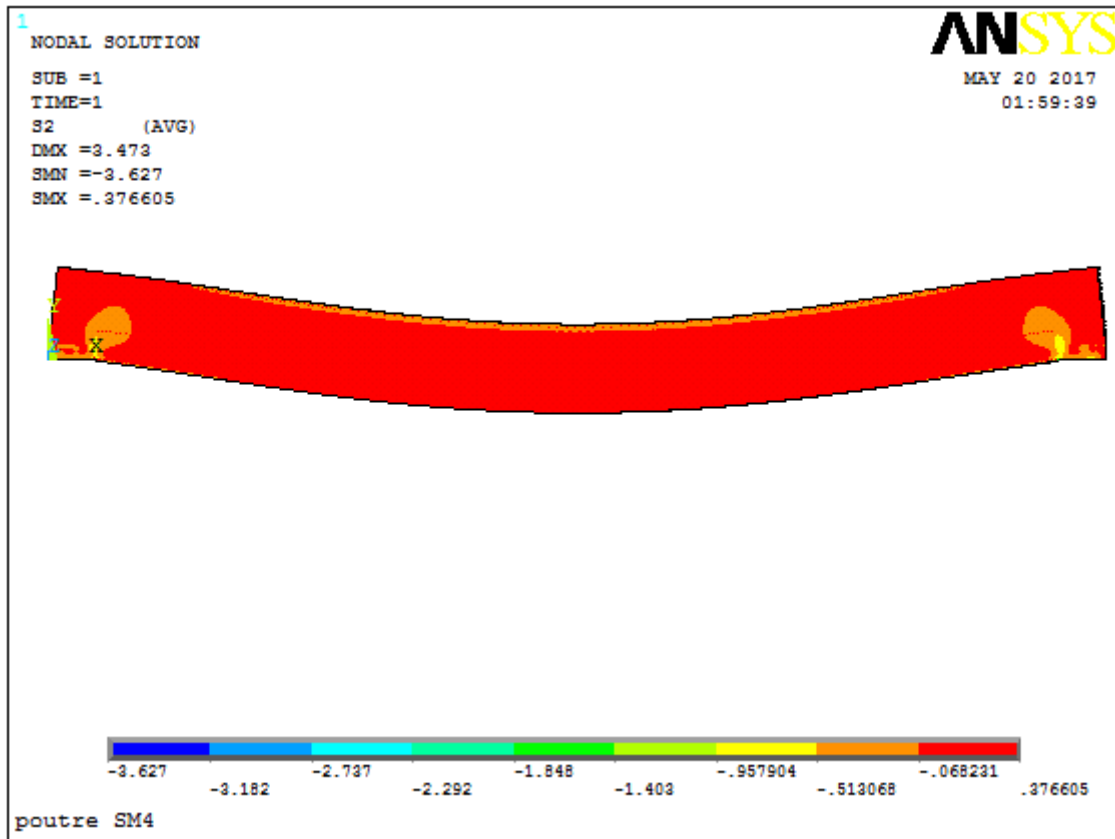


Fig. IV-11 : La deuxième contrainte principale σ_2 .

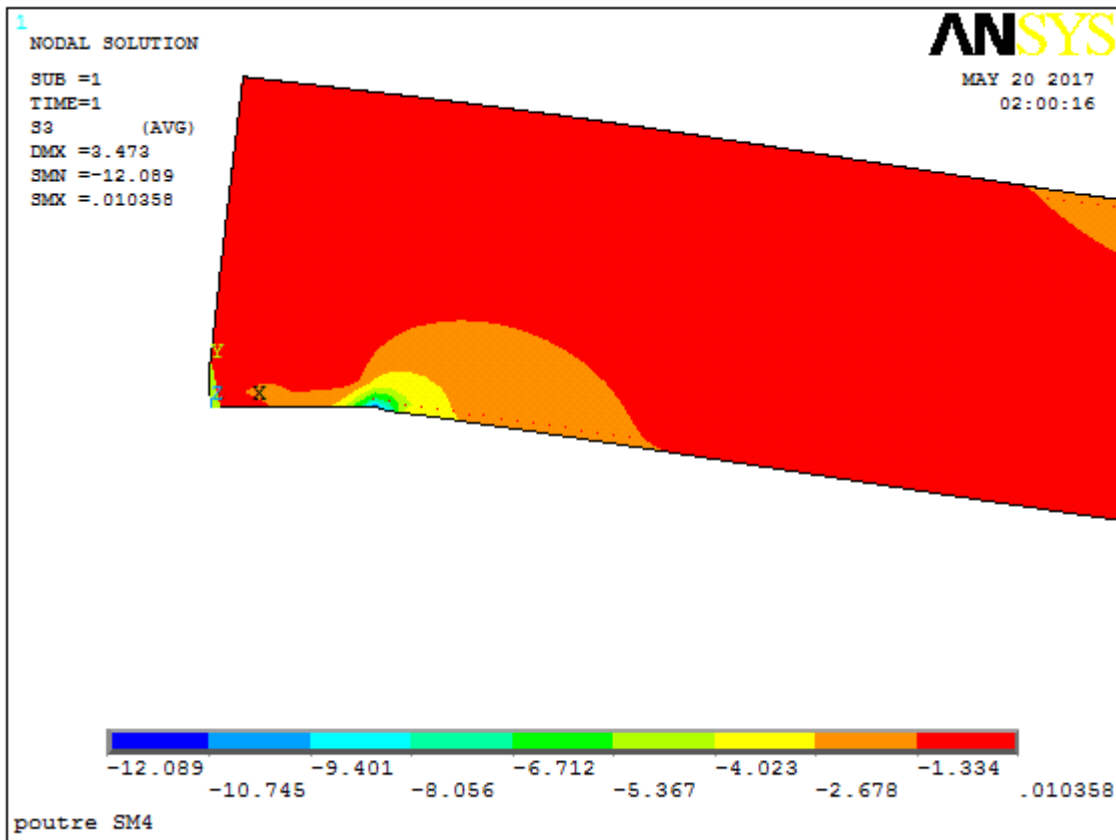
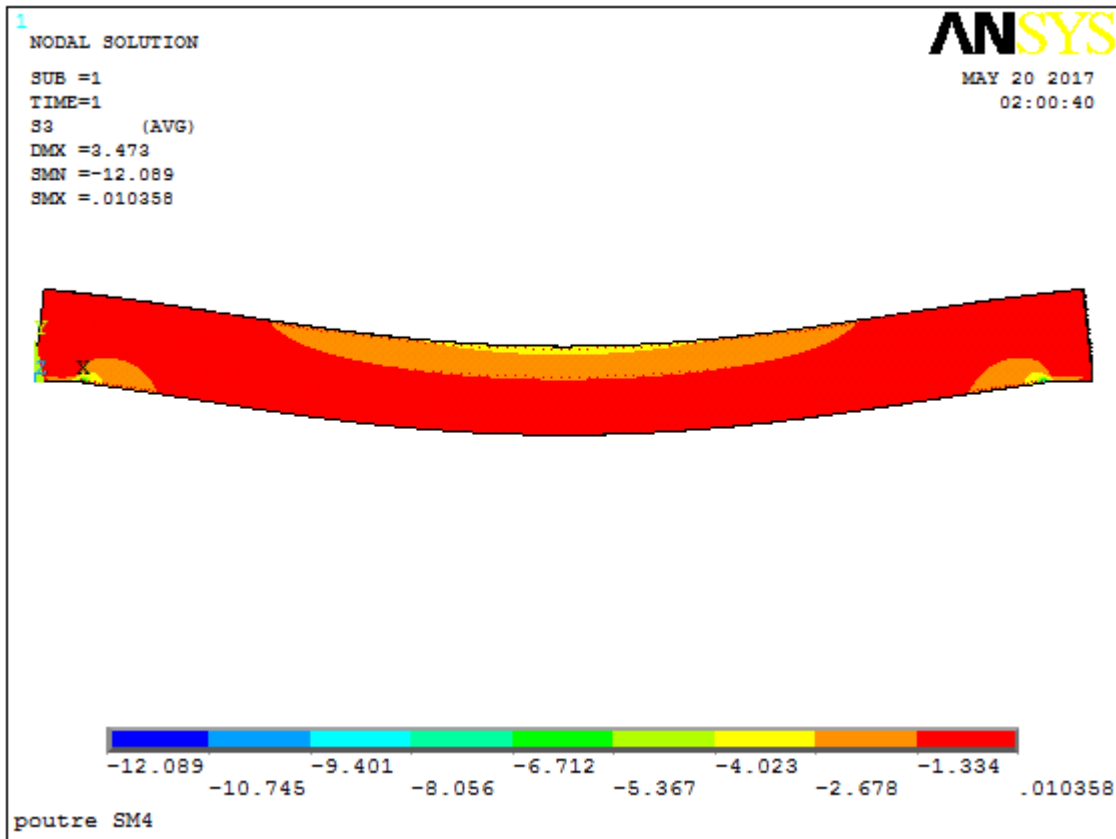


Fig. IV-12 : La troisième contrainte principale σ_3 .

IV-7-1 Commentaire des résultats :

Au vue de la lecture des résultats de sollicitations et de déformations du portique, il ressort que les déformations principales sont linéaires aux contraintes principales.

Le flux de concentration de contraintes est semblable aux flux des déformations.

Les désordres caractérisés par des fissures obliques bien orientées des appuis vers l'intérieure de la poutre sont très systématiques d'une insuffisance de reprise de l'effort tranchant, du fait qu'ils sont bien symbolisés par ces concentrations de contraintes ou de flux de déformations (Fig IV-7).

La même chose peut être remarquée au niveau de la concentration de contrainte en bas de la jonction poutre poteau où son écrasement est très schématique (Fig IV-8).

IV-8 DESCRIPTION DES FISSURES APPARAISSANT SUR NOTRE POUTRE :

IV-8-1 FISSURATION DE FLEXION :

les fissures qui apparaissent à mi travée sont à cause de l'effort de flexion simple :

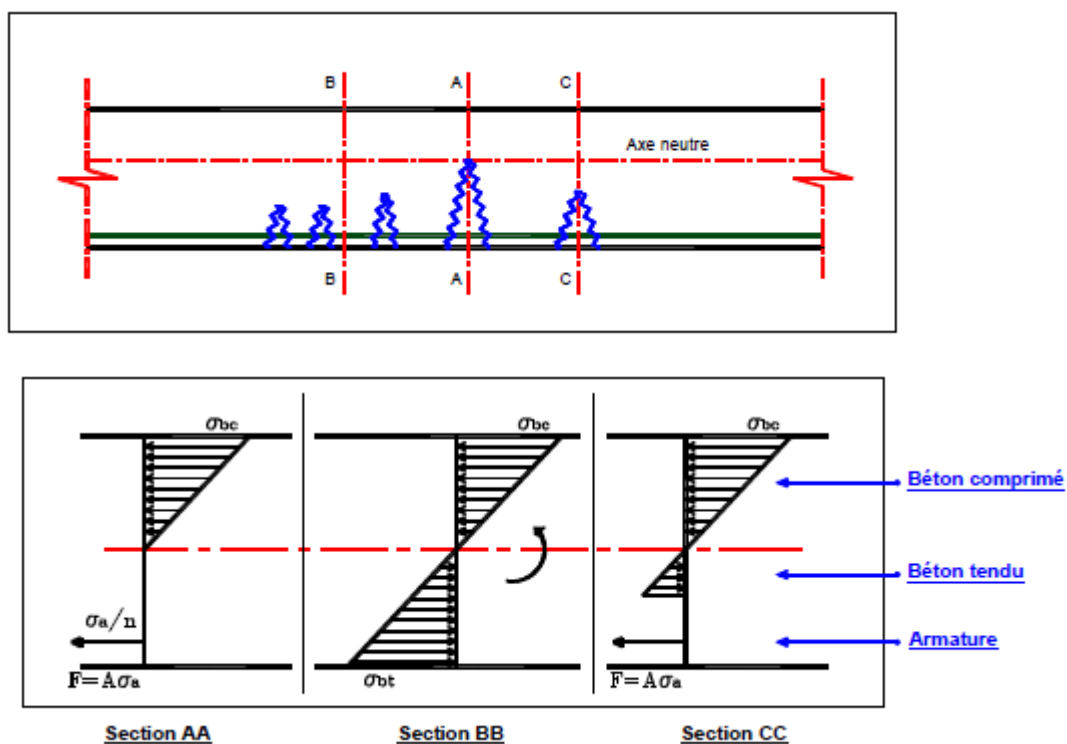


Fig IV-13 : Schéma de fissuration en fonctionnement normal.

Ces fissures sont inclinées sur l'axe longitudinal de la pièce (ouverture oblique par rapport aux armatures).

VI-8-2 FISSURATION PAR EFFORT TRANCHANT

Fissures latérales d'efforts tranchants inclinés sur l'horizontale.

Dans une pièce sollicitée en flexion simple, les efforts se décomposent en un moment fléchissant M , un effort normal N , et un effort tranchant V , qui représente la variation du moment fléchissant le long de la poutre ($V=dM/dX$).

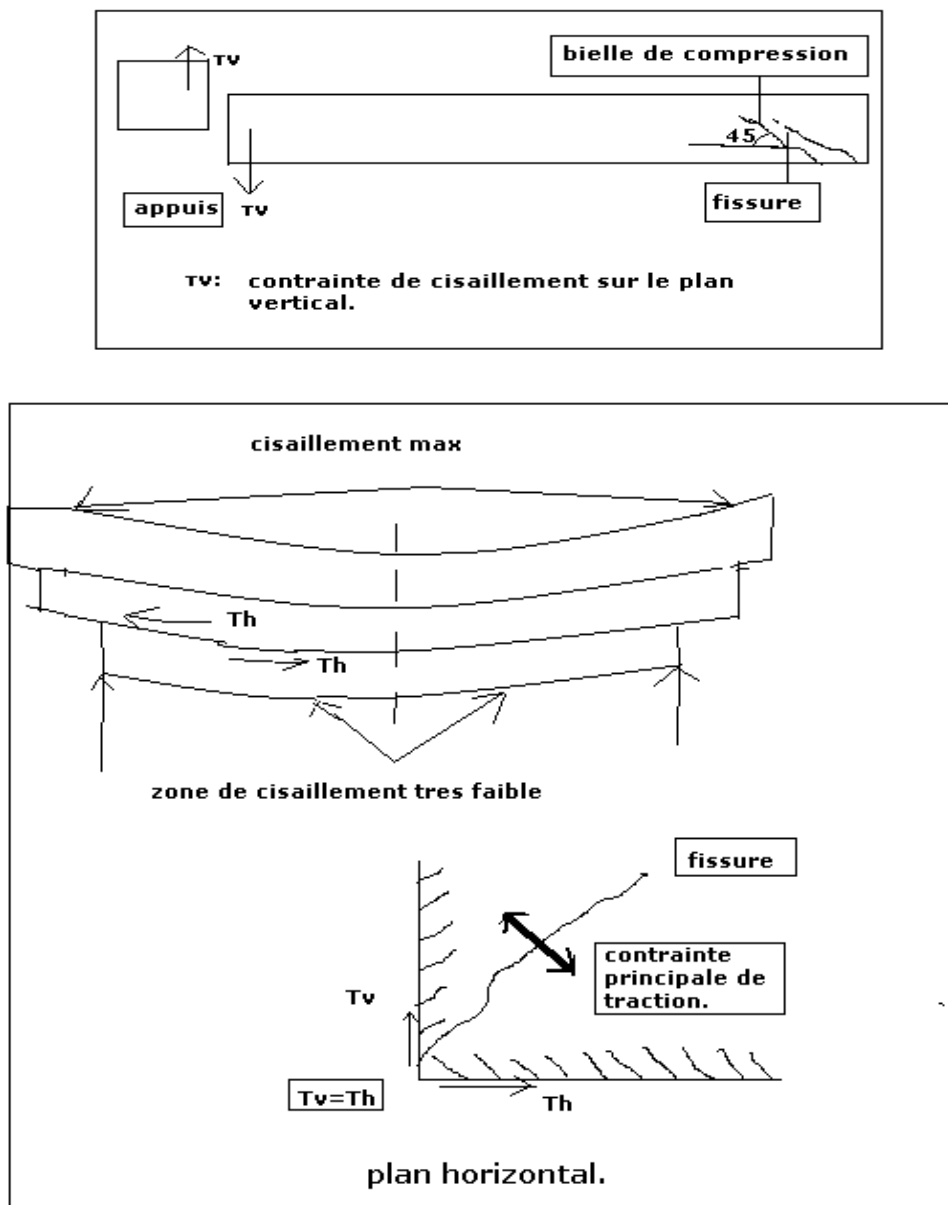
Le moment fléchissant et l'effort normal créent des contraintes normales σ , et l'effort tranchant des contraintes tangents $T(\tau)$.

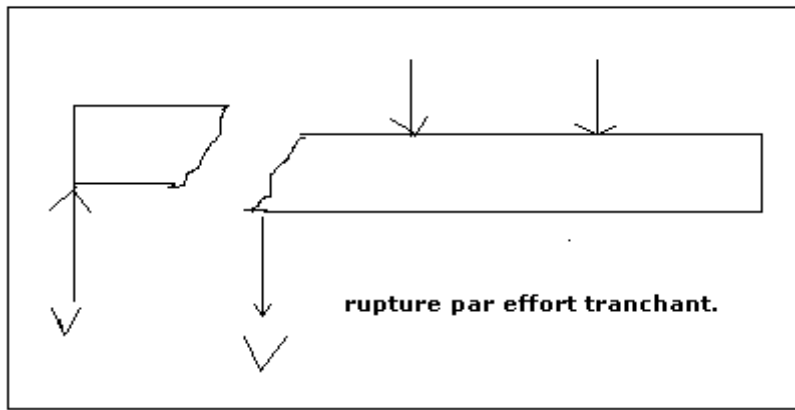
Mécanisme de rupture par effort tranchant :

C'est dans les zones aux voisinages des appuis que se produisent en générale les efforts tranchants maximum :

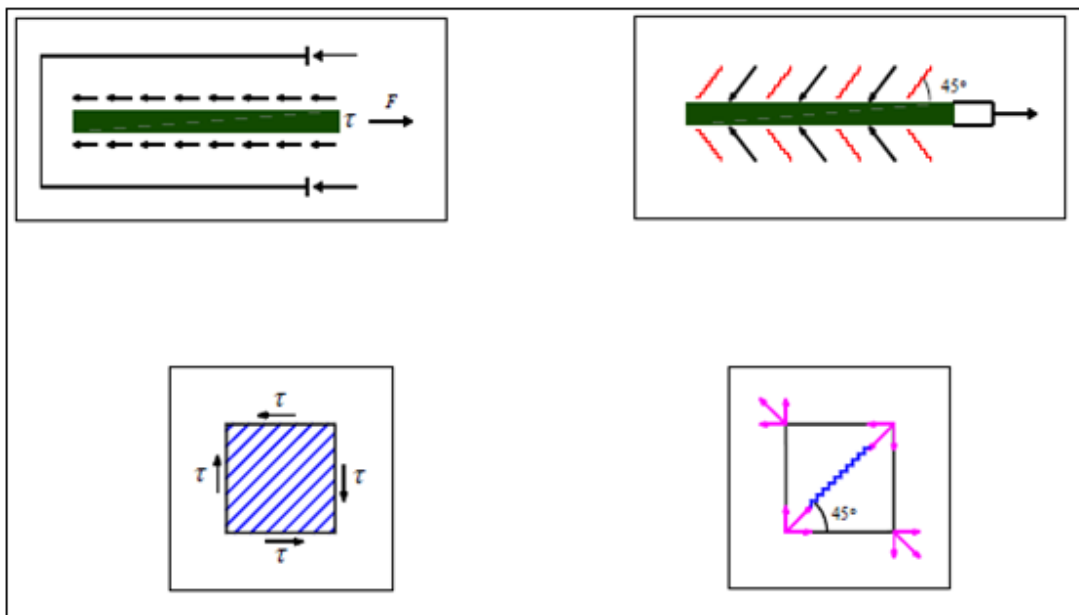
Ces efforts engendrent des contraintes de cisaillements τ_v et τ_h , et des contraintes de traction pouvant entraîner une fissuration probable à 45° .

Selon le principe de béton armé il faudra prévoir des armatures empêchant l'ouverture de ces fissures. Ce qui est représenté sur la figure suivant :





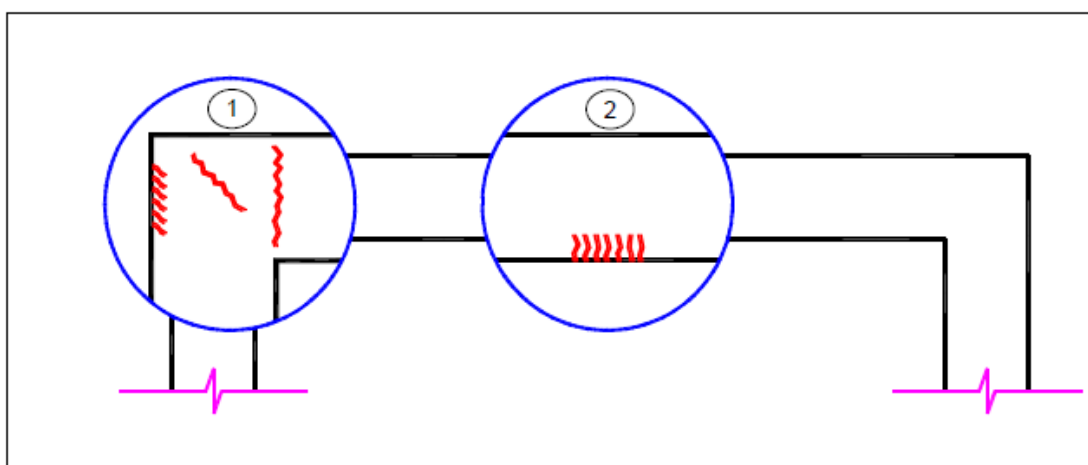
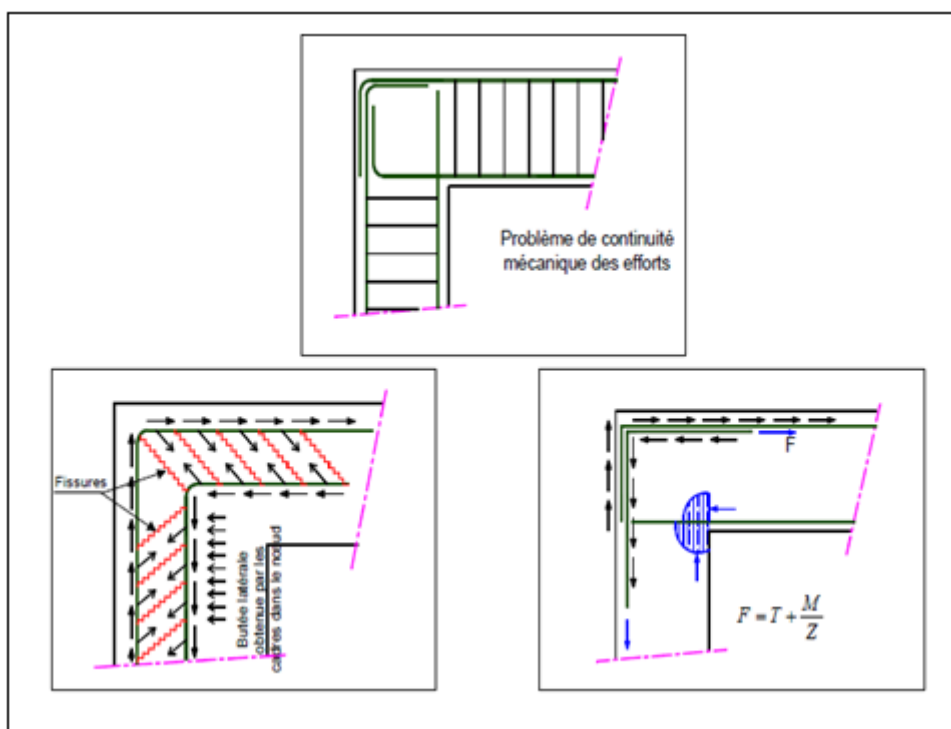
IV-8-3 FISSURES INCLINÉES PAR ABSENCE DE CHEMINEMENT MÉCANIQUE DES EFFORTS.



Causes de désordres :

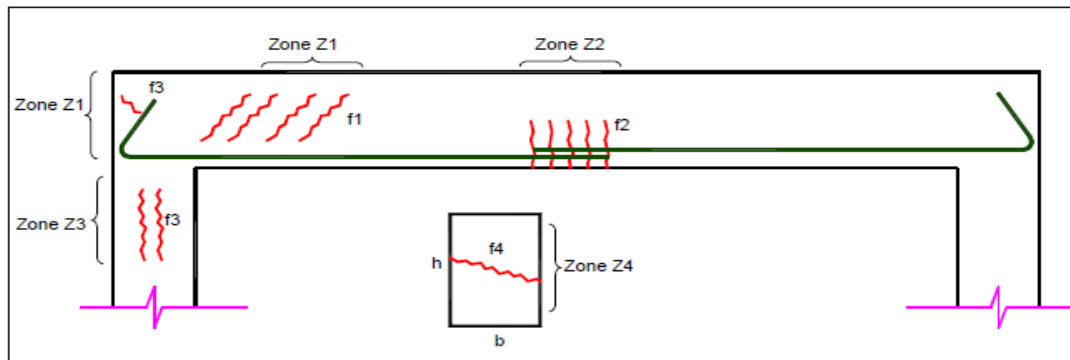
La fissure inclinée dans le nœud (différente de celle due à l'effort tranchant) provient d'une absence de cheminement des efforts.

Continuité mécanique des aciers au niveau de la zone nodale.



- ❶ : Fissures provoquées par le ferrailage défectueux des nœuds
- ❷ : Fissuration de flexion en travées par suite de la déficience des appuis

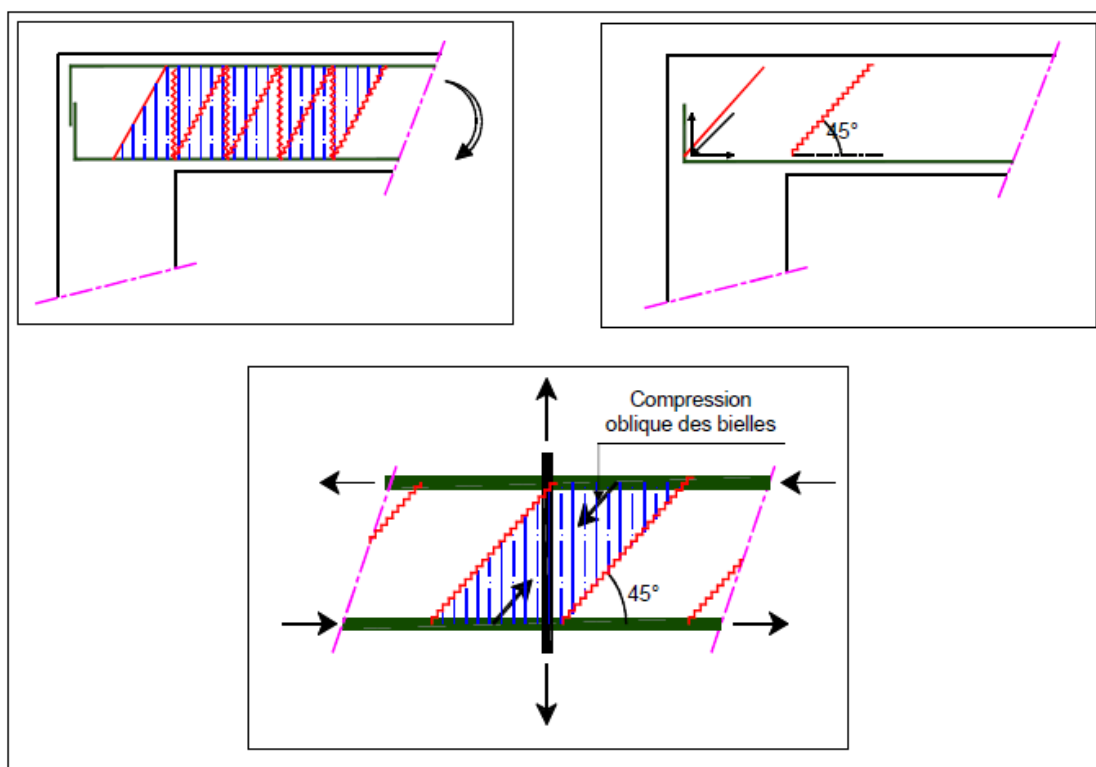
IV-8-4 SCHÉMA D'ILLUSTRATION DES TYPES DE COUTURES.



Causes de désordres : les fissures survenues dans la zone d'encastrement de la poutre ont été à l'origine de l'accroissement du moment de flexion en travée (fissures f2).

De plus, sous l'effet de fluage du béton (poutre de grande portée), les moments sur appuis diminuent et le moment en travée augmente.

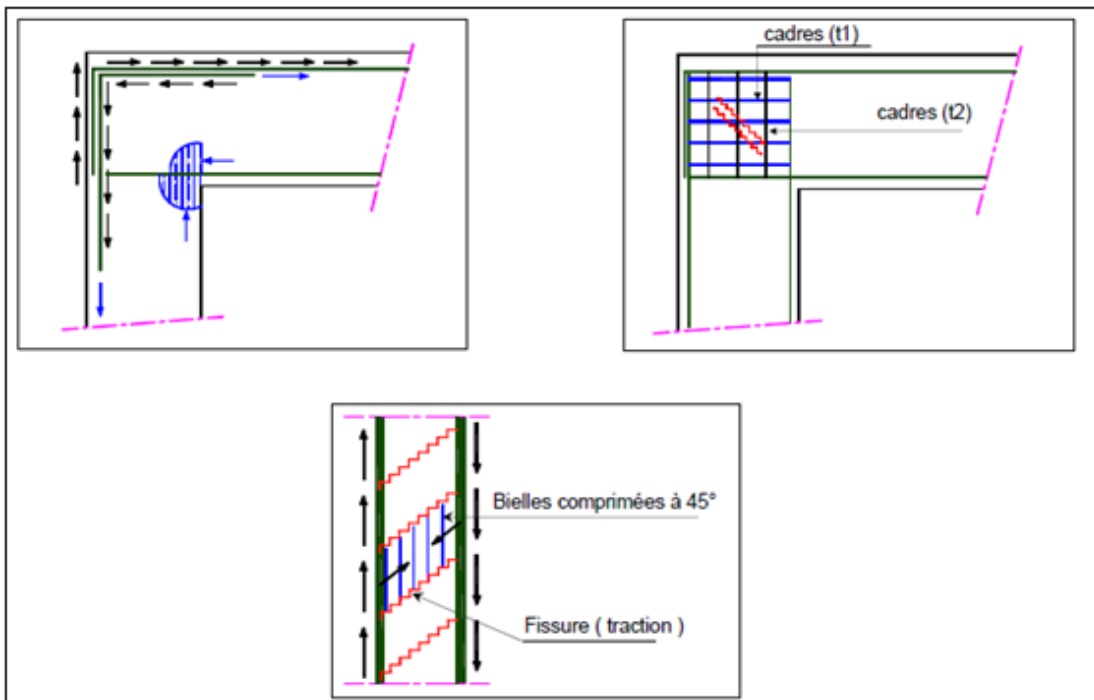
COUTURE D'ATTACHE ZONE 1



Conditions d'appuis (à vérifier) :

- *Non écrasement de bielles comprimées.
- *Couture des fissures.
- *Ancrage des bielles.

COUTURE DE FENDAGE ZONE Z3



Causes de désordres : les armatures supérieures du poteau auraient dû être prolongées horizontalement dans la poutre.

Les cadres (t1) et (t2) représentent des armatures complémentaires pour assurer le confinement du nœud (ductilité du nœud+reprise des fissures f3).

Ce confinement est nécessaire lorsque l'état de ruine est atteint ($\varepsilon_b=3.5\%$).

Si $\varepsilon_b < 2.5\%$, seuls les cadres calculés pour l'effort tranchant suffisent.

Après la corrélation entre les fissures constatées sur chantier représentées dans le schéma des fissures ci-dessus, et les résultats de la simulation représentés dans la figure (Fig IV-10) donnent la concentration de première contrainte principale σ_1 qui provoque des grandes déformations de dilatation.

En augmentant la contrainte principale σ_1 , on remarque qu'il y a une grande concentration des contraintes dans des zones privilégiées similaires aux zones Z1 et Z2 des fissures. Ce qui nous permet de bien prévoir les zones de fissures et leurs orientations.

Conclusion :

Les résultats numériques par simulation ont montré une bonne corrélation avec les observations réelles.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En effet le constat des désordres et leurs diagnostics ont révélé que ce cas pathologique a été la conjonction de deux causes principales à savoir :

Défaut de ferrailage accentué par une qualité moindre du béton mise en œuvre.

Le défaut de ferrailage se caractérise non pas par une insuffisance, mais plutôt par des emplacements à priori défectueux.

Plus particulièrement l'adjonction au niveau des nœuds des poutres et colonnes a été très névralgique à la concentration des contraintes que ce soit de traction ou de compression aboutissant à un écrasement de la section d'appui.

La forte concentration de ferrailage sur la face supérieure des nœuds a été également incriminée du fait qu'elle a provoqué des ségrégations très localisées.

Les résultats numériques par simulation ont approché systématiquement les désordres qui ont été longuement observés dans l'ouvrage juste avant son exploitation.

Référence Bibliographique

- [1]- **Mr Amour Ahmed**, cour pathologie des constructions, année académique 2005.
- [2]- **B.E.R.M** ; Bureau d'étude (plan d'architecture, plan d'exécution), m'sila 2008.
- [3]- **Laboratoire AICHE GÉO-SOL**, rapport géotechnique du sol Année 2008.
- [4]- **Swanson** Analysis Systems, ANSYS. Online manual, version 12.And Theory Reference.

ANNEXE 1

Coupe de sondage et lithologie des terrains

Sondage	Lithologie des terrains
Sondage n°1	0/0.5m- sable graveleux
	0.5/3.5m-galets et cailloux à matrice sableuse
	3.5/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°2	0/0.5m-sable graveleux et caillouteux
	0.5/4.8m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.8/10m-argile marneuse renfermant de passage de sable compact
Sondage n°3	0/0.3m- sable graveleux
	0.3/4.6m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.6/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°4	0/0.5m- sable graveleux
	0.5/4m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°5	0/0.5m- sable limoneux
	0.5/2m-galets et cailloux à matrice sableuse
	2/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°6	0/0.5m- sable limoneux
	0.5/2.6m-galets et cailloux à matrice sableuse
	2.6/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°7	0/0.3m- sable graveleux encrouté
	0.3/3.3m-galets et cailloux à matrice sableuse
	3.3/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°8	0/0.5m- sable graveleux encrouté
	0.5/4.8m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.8/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°9	0/0.5m- sable gypseux caillouteux
	0.5/4.5m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.5/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°10	0/0.8m- sable graveleux
	0.8/4.2m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.2/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°11	0/0.8m- sable gypseux
	0.8/4.5m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.5/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
sondage n°12	0/0.5m- sable gypseux
	0.5/4.8m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.8/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°13	0/0.8m- sable limoneux gypseux
	0.8/4.6m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.6/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact
Sondage n°14	0/0.5m- sable gypseux
	0.5/4.4m-galets et cailloux à matrice sableuse
	4.4/10m-argile marneuse, renforcements de passage de sable compact

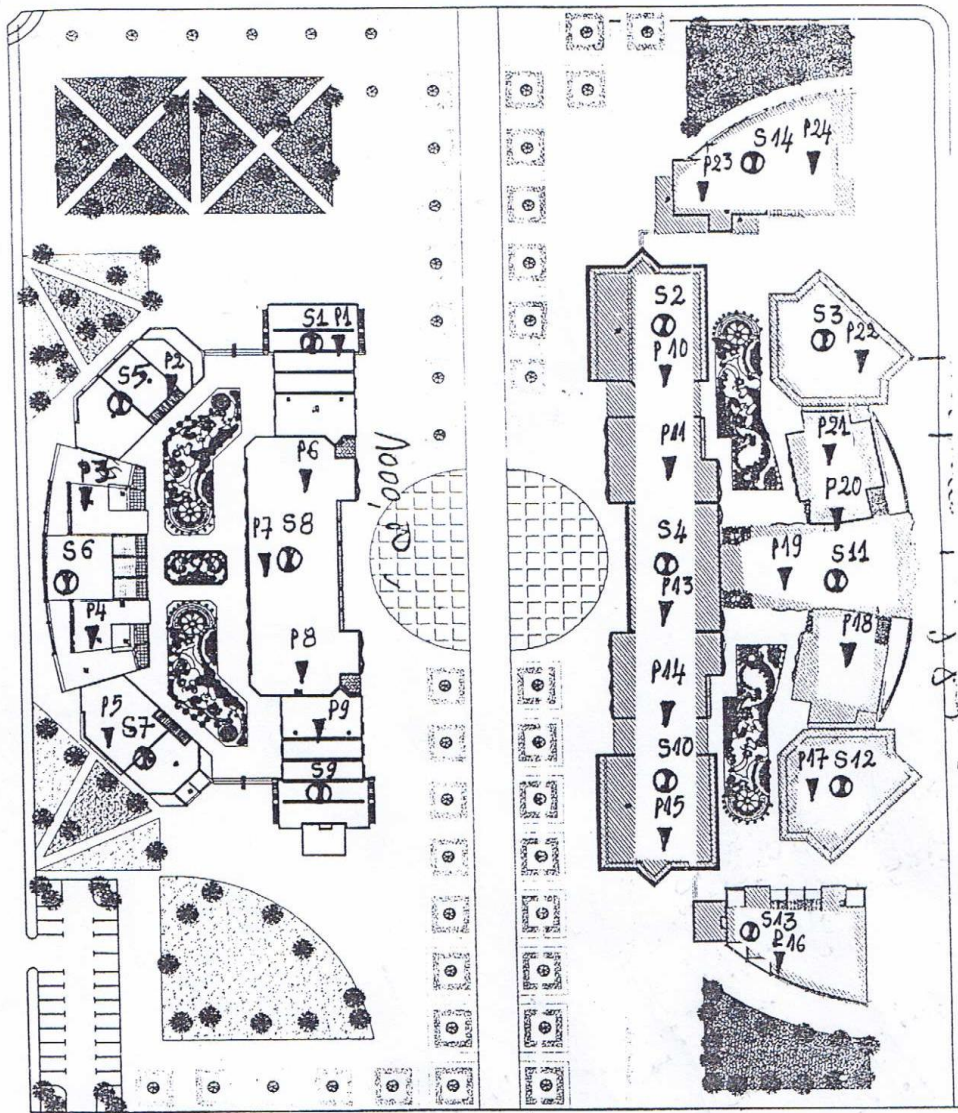
ANNEXE 1

PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

Pt n°	Rp minimum	Rp maximum	Cote refus	Appréciation
1	100	650	1m	Fort
2	100	650	1.2m	Fort
3	100	650	1m	Fort
4	100	650	1.2m	Fort
5	100	650	1.4m	Fort
6	100	650	1.2m	Fort
7	100	700	0.8m	Fort
8	100	700	1m	Fort
9	100	650	1.4m	Fort
10	100	650	1.2m	Fort
11	100	650	1.6m	Fort
12	100	700	1m	Fort
13	100	700	1m	Fort
14	100	700	1m	Fort
15	100	650	1.2m	Fort
16	100	650	1.4m	Fort
17	100	650	1.2m	Fort
18	100	700	0.8m	Fort
19	100	650	1.2m	Fort
20	100	700	1m	Fort
21	100	650	1.2m	Fort
22	100	650	1.6m	Fort
23	100	700	0.8m	Fort
24	100	700	1m	Fort

ANNEXE 2

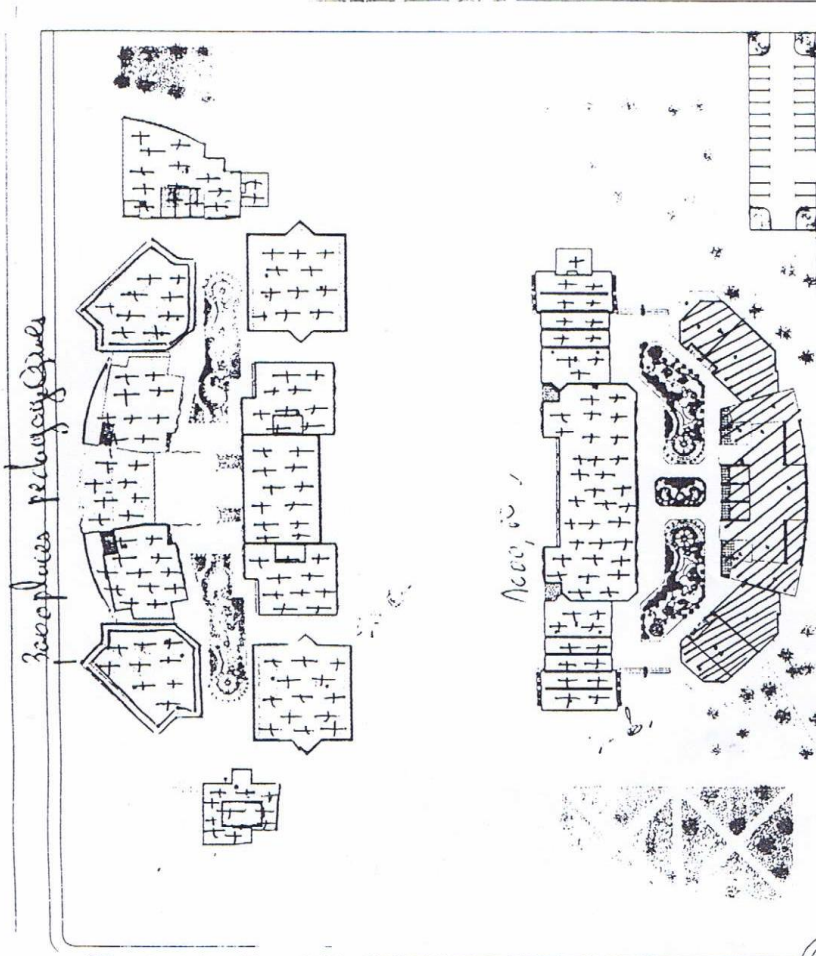
Plan d'implantation



Legende
○ Sondage
▼ Pénétromètre

ANNEXE 2

Plan de Fondation




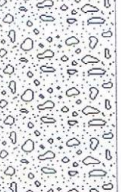

Légende

- | | |
|---|--|
|  |  |
| - Contrainte = 1,8 bars | - Contrainte = 2,3 bars |
| - D: (Ancrage) = 1,5 m | - D: (Ancrage) = 1,5 m |

ANNEXES

ANNEXE 3

LABORATOIRE AICHE

Etude : 3000+1000 Places Pédagogiques										Sondage N° : 12		
Dossier N°: 28/52/06										Profondeur totale : 10 ML		
Date essai :										Coordonnées : X = Y =		
Niveau Nappe : - m										Z =		
Prof (m)	Récupération				R.Q.D	φ Tub	φ Trou	Ech	Np	COUPE	DESCRIPTION	OBSERVATION
	0	25	50	75								
1											sable gypseux	
2											galets et cailloux à matrice sableuse	
3											argile marneuse, renfermant des passages de sable compact	
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

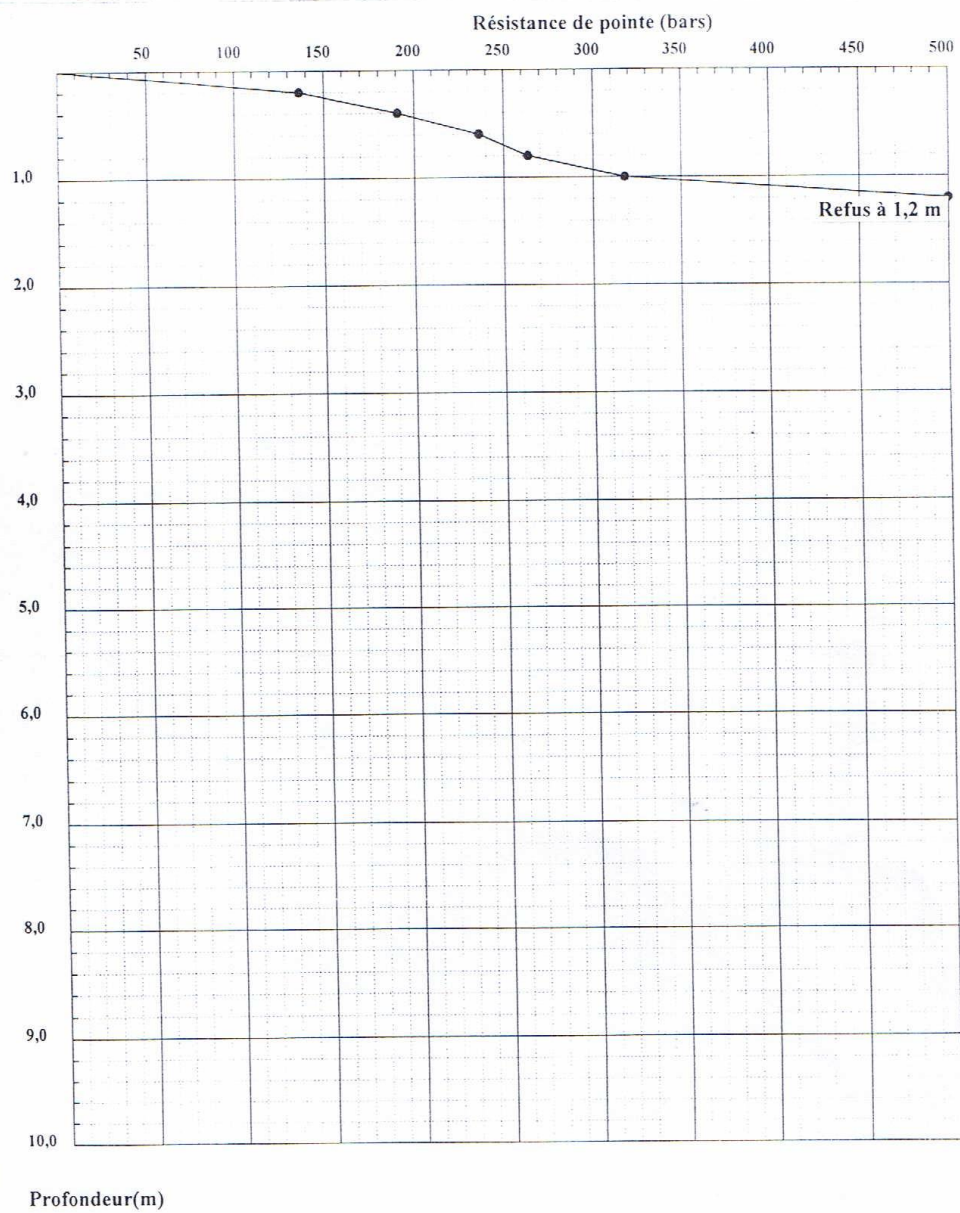
ANNEXE 4

LABORATOIRE AICHE

INTITULE : 3000 +1000 Places Pédagogiques
LIEU : M'Sila
CLIENT : DLEP de M'Sila
DATE ESSAI :

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Essai N°: 17



ANNEXE 5

LETTRE DE RÉSERVES DU CTC.DU 04 MAI 2008

Monsieur,

Suite aux observations effectuées en date du 23.05.2008 au niveau du plancher en question, il a été constaté ce qui suit :


- Évolution des fissures déjà constatées (ouverture des témoins en plâtre).
- Apparition de nouvelles fissures au droit des appuis témoignant de la présence de fortes contraintes de traction insuffisamment reprises par des aciers en place et accentuées par la faible résistance des bétons mis en œuvre
- Apparition de fissures traversantes à mi travée des poutres.
- Fléchissement apparent de l'ensemble poutres dalles.
- Ballonnement non-conforme de la forme de pente donc dysfonctionnement du dispositif d'évacuation des eaux pluviales (stagnation des eaux)
- Déclenchement du phénomène de fissuration aux rives de la deuxième poutre.
- Mauvaise qualité du béton armée (moyenne de 180 bars).

Au vu de ce qui précède, nous estimons que l'ouvrage ne présente pas les garanties requises pour une exploitation normale (risque non normalisé).

Nous restons à votre disposition pour toutes informations supplémentaires.

Veillez agréer Monsieur le directeur l'expression des nos hautes considérations.

ANNEXE 6

	<h2 style="margin: 0;">PROCES - VERBAL</h2> <h3 style="margin: 0;">SUR PRESTATION</h3>	Activité LABORATOIRE
---	--	---------------------------------

Agence : **M'SILA** Telephone : **035.55.12.84** Fax : **35.55.12.85** E-mail :@ctc-est.com
 Adresse : CITE 150 LOGTS A M'SILA.....

Ref. (courrier départ) : Date (PV)

**ESSAI A L'AUSCULTATEUR
- DYNAMIQUE**

N° de l'essai : Demandeur : **SARL YAHYAOUI** BC (réf) : **AUTO-CONTRÔLE** Date essai : **29/12/2007**

Nom & prénom de l'opérateur : **TRIKI HAKIM** Fonction : **T.S**
 Référence(s) des équipements :

Chantier : **AMPHI POLE UNIVERSITAIRE A M'SILA** Dosage : **350** Age du Béton : **>28 Jours**
 Maître de l'Ouvrage : Maître de l'Oeuvre :

Désignation des éléments	Epaisseur En (cm)	Indice scléro	Lecture à l'auscultateur Temp en (s)	Vitesse EN (m/s)	Resistance kg/cm ²	OBSERVATION
FOUILLE PT01 POINT N° 07	65,00	30,00	165,70	3922,75	197,77	
FOUILLE PT02 POINT N° 01	67,00	26,00	183,50	3651,23	140,52	
FOUILLE PT02 POINT N° 02	67,00	30,00	173,80	3855,01	190,92	
FOUILLE PT02 POINT N° 03	67,00	26,00	181,30	3695,53	143,76	
	*	*	*	*	*	
	*	*	*	*	*	

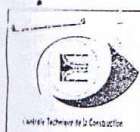
Le Chargé de l'essai
(Nom & prénom & signature)

G
E
D

VISA :

Le Chef de Projet
(Nom & prénom & signature)

ANNEXE 6



PROCES - VERBAL

SUR PRESTATION

Activité LABORATOIRE

Agence : **M'SILA** Telephone : **035.55.12.84** Fax : **35.55.12.85** E-mail :@ctc-est.com
 Adresse : CITE 150 LOGTS A M'SILA.....

Réf. (courrier départ) : 2478 Date (PV)

ESSAI A L'AUSCULTATEUR - DYNAMIQUE

N° de l'essai : : Demandeur : **SARL YAHYAOUI** BC (réf) : **AUTO-CONTRÔLE** Date essai : 29/12/2007

Nom & prénom de l'opérateur : **TRIKI HAKIM** . Fonction : **T.S**
 Reference (s) des équipement (s) utilisé ... (s) :

Chantier : **AMPHI POLE UNIVERSITAIRE A M'SILA** Dosage : **350** Age du Béton : **>28 Jours**
 Maître de l' Ouvrage : Maître de l' Oeuvre:

Désignation des éléments	Epaisseur En(cm)	Indice scléro	Lecture à l'auscultateur Temp en (s)	Vitesse EN (m/s)	Resistance kg/cm ²	OBSERVATION
POUTRE PT01 POINT N° 01	65,00	26,00	177,50	3661,97	141,30	
POUTRE PT01 POINT N° 02	65,00	30,00	175,00	3714,29	177,78	
POUTRE PT01 POINT N° 03	65,00	30,00	174,70	3720,66	178,34	
POUTRE PT01 POINT N° 04	65,00	30,00	170,30	3816,79	187,21	
POUTRE PT01 POINT N° 05	65,00	30,00	165,30	3932,24	198,76	
POUTRE PT01 POINT N° 06	65,00	30,00	163,30	3980	203,89	

Le Chargé de l'essai
(Nom & prénom & signature)

Le Chef de Projet
(Nom & prénom & signature)