

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

**PROJET**  
**DE**  
**FIN D'ÉTUDES**

GC.0368

Titre Conception d'un habitat économique en  
agglomérés

Auteur A. DIOUF

Génie CIVIL

Date JUIN 1984

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE : CONCEPTION D'UN HABITAT  
ECONOMIQUE EN AGGLOMERES

AUTEUR: ABABACAR DIDUF

DIRECTEUR: MOUSTAPHA NDIAYE

MAI 1984

A mes parents,

A mes frères et sœurs,

A mes amis et cousins

## REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce projet, et plus particulièrement:

- Monsieur Mostapha Ndiaye notre directeur de projet, professeur de Structures et de Béton à l'École Polytechnique de Thiès, pour sa grande disponibilité et son apport sur le plan des idées de la documentation,

- Monsieur Nicolas Maliantovitch, responsable du laboratoire de Béton de l'École Polytechnique de Thiès, pour les expériences et les services rendus lors des manipulations.

## SOMMAIRE

Le but de cette étude est de concevoir un habitat économique en agglomérés. Le rapport se présente en deux parties.

La première partie est consacrée aux essais sur les matériaux. Nous avons procédé de la manière suivante :

- analyses granulométriques de trois types de sable (sable de dure, sable de basalte concassé et mélange binaire),
- essais d'étalement sur les mortiers de ciment,
- détermination de la résistance en compression à 28 jours des mortiers de ciment.

La deuxième partie est relative à l'analyse structurale. Celle-ci a été faite à l'aide d'un programme d'éléments finis. Nous avons d'abord appliqué ce programme à une poutre biencastée pour pouvoir vérifier son efficacité. Ensuite nous avons terminé en analysant un mur façade afin de localiser les zones critiques et de faire un dimensionnement.

# TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Remerciements _____	i
Sommaire _____	ii
Table des matières _____	iii
Liste des tableaux _____	vi
Liste des figures _____	vii
I. Introduction _____	1
II. Chapitre 1: Essais sur les matériaux _____	3
II.1 Nature des matériaux _____	3
II.1.1 Sablé de dune . . . . .	3
II.1.2 Sablé de basalte concassé . . . . .	3
II.1.3 Mélange binasé . . . . .	3
II.1.4 Ciment . . . . .	4
II.2 Analyse granulométrique _____	4
II.2.1 Tamisage . . . . .	4
II.2.1.1 Procédure	4
II.2.1.2 Résultats	5
II.2.2 Module de finesse . . . . .	7
II.2.2.1 Définition	7
II.2.2.2 Résultats	7
II.2.3 Courbe granulométrique . . . . .	7
II.2.4 Commentaires des résultats . . . . .	11

	<u>Page</u>
II.3 Dosage des mortiers — — — — —	12
II 3.1 Malaxage .....	12
II 3.2 Essai de secours .....	12
II 3.2.1 Procédure	13
II 3.2.2 Résultats	14
II 3.2.3 Commentaires des résultats	17
II.4 Résistances à la compression — — — — —	18
II 4.1 Moulage des éprouvettes .....	18
II 4.2 Cure .....	18
II.4.2.1 Pourquoi la Cure?	18
II 4.2.2 Méthode de Cure	19
II 4.3 Essai de compression .....	20
II 4.4 Résultats des essais .....	20
II 4.5 Commentaires des résultats .....	27
III. Chapitre 2: Analyse Structurale —————	29
III.1 Programme d'éléments finis — — — — —	29
III 1.1 Fondement du programme .....	29
III 1.2 Fonctionnement du programme	32
III 1.3 Tests sur l'efficacité du programme	34
III.2 Étude d'un mur façade — — — — —	45
III 2.1 choix architectural .....	45
III 2.2 Analyse de la structure .....	47

	<u>Pages:</u>
III 2.2.1 Etude du cas n°1 (34 éléments)	48
III 2.2.2 Etude du cas n°2 (42 éléments)	53
III 2.3 Localisation des jonctives et dimensionnement...	59
<u>IV</u> Conclusions et Recommandations	63
Annexe	65
• Résultats de l'analyse de la poutre bien-castree (cas n°1 : 2 éléments) . . . . .	65
• Résultats de l'analyse de la poutre bien-castree (cas n°2 : 4 éléments) . . . . .	67
• Résultats de l'analyse de la poutre bien-castree (cas n°3 : 8 éléments) . . . . .	69
• Résultats de l'analyse de la poutre bien-castree (cas n°4 : 16 éléments) . . . . .	72
• Résultats de l'analyse du mur façade (cas n°1 : 34 éléments) . . . . .	77
• Résultats de l'analyse du mur façade (cas n°2 : 42 éléments) . . . . .	86
• Listing du programme d'éléments finis . . . . .	97
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	109



# LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page n°:
II.1 : Résultats sur le tamisage pour le sable de dune	5
II.2 : Résultats sur le tamisage pour le mélange binaire	6
II.3 : Résultats sur le tamisage pour le sable de basalte caennais	6
II.4 : Modules de finesse des différents sables	7
II.5 : Etalements pour le sable de dune	14
II.6 : Etalements pour le sable de basalte caennais	14
II.7 : Etalements pour le mélange binaire	15
II.8 : Résistances en compression à 28j pour le sable de dune	21
II.9 : Résistances en compression à 28j pour le sable de basalte caennais	22
II.10 : Résistances en compression à 28j pour le mélange binaire	23
III.1 : Valeurs de $\sigma_1$ et $\sigma_2$	42
II.2 : Données aux nœuds et aux éléments (cas n° 1 dune)	57
II.3 : Données aux nœuds et aux éléments (cas n° 1 dune)	57
II.4 : Données aux nœuds et aux éléments (cas n° 2 dune)	56
II.5 : Données aux nœuds et aux éléments (cas n° 2 dune)	57
II.6 : Données aux nœuds et aux éléments (cas n° 2 dune)	58

## LISTE DES FIGURES

<u>Figure</u>	<u>Page n°</u>
II.1 : Courbe granulométrique du sable de dune	8
II.2 : Courbe granulométrique du sable de basalte concassé	9
II.3 : Courbe granulométrique du mélange binaire	10
II.4 : Étalonnage en fonction de $E/c$ pour le sable de dune	15
II.5 : Étalonnage en fonction de $E/c$ pour le sable de basalte concassé	16
II.6 : Étalonnage en fonction de $E/c$ pour le mélange binaire	16
II.7 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $E/c$ pour le sable de dune	24
II.8 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $S/c$ pour le sable de dune	24
II.9 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $E/c$ pour le sable de basalte concassé	25
II.10 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $S/c$ pour le sable de basalte concassé	25
II.11 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $E/c$ pour le mélange binaire	26
II.12 : Courbe contrainte $\sigma'$ en fonction de $S/c$ pour le mélange binaire	26
III.1 : Courbe $\sigma_1$ en fonction du nombre d'éléments	43
III.2 : Courbe $\sigma_2$ en fonction du nombre d'éléments	43
III.3 : Représentation et division du mur en 34 éléments	50
III.4 : Représentation et division du mur en 42 éléments	55
III.5 : Contraintes sur le mur façade (cas n°1: 34 éléments)	61
III.6 : Contraintes sur le mur façade (cas n°2: 42 éléments)	62

## INTRODUCTION

Comme la nourriture et l'habillement, l'habitat est une des préoccupations majeures de l'homme et il reste un problème crucial au Sénégal.

En effet les prix des logements, qui sont en rapport direct avec les coûts de construction, ne cessent d'augmenter. La croissance des coûts de construction pourrait s'expliquer par certaines raisons parmi lesquelles on peut citer entre autres le manque de dimensionnement économique et d'une combinaison optimale des différents matériaux de construction.

Aujourd'hui dans le but de minimiser les coûts de construction, certains organismes et entreprises de bâtiment ont fait beaucoup de recherches aussi bien sur le plan architectural que sur le plan d'une utilisation plus judicieuse des matériaux locaux.

C'est dans ce cadre qu'il faudrait classer le concours d'architecture organisé par la BHS (banque de l'habitat du Sénégal), le financement par l'UNESCO de projets de recherche

pour étudier la possibilité d'améliorer la qualité des matériaux locaux, comme la latérite.

L'étude qui va suivre, guidée par le même souci, tente de concevoir un habitat économique en agglomérés.

## II . CHAPITRE 1.

### ESSAIS SUR LES MATÉRIAUX

les essais effectués sur les matériaux sont l'analyse granulométrique, l'essai d'étalement et la détermination de la résistance à 28 jours des mortiers de ciment.

#### II.1 Nature des matériaux

les matériaux utilisés pour les essais sont le sable de dune, du sable de basalte concassé, un mélange binaire de sable et du ciment Portland.

##### II.1.1. Sable de dune

le sable de dune est un sable très fin. la grosseur maximale de ces grains est de 0.6mm. c'est un sable sale.

##### II.1.2 Sable de basalte concassé

c'est un sable obtenu à partir du basalte. la grosseur maximale de ces grains est de 5mm. Ce sable est plein de poussière.

##### II.1.3 mélange binaire

Le mélange binaire est un sable artificiel, fabriqué à partir du sable de dune et du sable de basalte concassé.

4

Il est constitué en poids de :

. 75% passant tamis n° 8, retenue tamis n° 16.

Ce pourcentage provient du sable de basalte concassé.

. 25% passant tamis n° 30, retenue tamis n° 200.

Ce pourcentage provient du sable de dune.

## II 1.4 Ciment

Ce ciment utilisé est du ciment Portland artificiel de haute résistance fabriqué par la SOCOCIM. Sa résistance en compression à 28 jours est de  $350 \text{ Kg/cm}^2$ . Sa désignation est : CPA 350.

## II.2. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique se fait par tamisage. Elle permet de tracer les courbes granulométriques et de calculer les modules de finesse des différents sables utilisés.

### II 2.1 Tamisage

#### II 2.1.1 Procédure

Les tamis utilisés sont les tamis normalisés n° 4, 8, 16, 30, 50, 100 et 200.

Le tamisage se fait comme suit :

on pèse un poids déterminé de sable (environ 500g).  
on verse le sable pesé sur le tamis n°4. on brasse bien pour que les grains puissent passer entre les tamis en dessous. on pèse le poids du sable retenu par chaque tamis.

II 2.1.2 Résultats

Les résultats obtenus sur le tamisage sont portés sur les tableaux II 1, II 2 et II 3

Tamis n°	Poids Retenu (g)	Poids Retenus cumulatif (g)	% Retenu cumulatif
4	0	0	0
8	0	0	0
16	0	0	0
30	2.67	2.67	0.45
50	80.78	83.45	16.61
100	233.68	317.13	63.35
200	153.77	470.90	94.09
flat	26.88	497.78	

Tableau II.1 : Résultats sur le tamisage  
pour le sable de dune

Tamis n°	Poids Retenu (g)	Poids Retenu cumulé (g)	% Retenu cumulé
4	0	0	0
8	0	0	0
16	375	375	75
30	0	375	75
50	28.8	403.8	80.76
100	58.7	462.5	92.5
200	34.05	496.55	99.31
Plat	3	499.55	

Tableau II.2 : Résultats sur le tamisage pour le mélange binaire

Tamis n°	Poids Retenu (g)	Poids Retenu cumulé (g)	% Retenu cumulé
4	0.31	0.31	0.062
8	47.33	47.64	9.53
16	168.94	216.58	43.32
30	95.37	311.95	62.39
50	57.62	369.57	73.91
100	44.26	413.83	82.77
200	41.5	455.33	91.07
Plat	42.5	497.83	

Tableau II.3 : Résultats sur le tamisage pour le sable de basalte concassé



## II.2.2 Module de finesse

### II.2.2.1 : Définition

Le module de finesse d'un sable est égal à la somme des pourcentages cumulatifs retenus sur la série des tamis n° (4, 8, 16, 30, 50 et 100) que l'on divise par cent.

Le module de finesse est un paramètre important pour la distribution de la taille des grains. Il donne une image de la finesse d'un sable.

### II.2.2.2 Résultats

Les résultats obtenus pour la détermination du module de finesse des différents sables utilisés sont portés au tableau n° II.4

Type de sable	Module de finesse
sable de dune	0.8
sable de base de concassement	2.7
mélange binaire	3.2

Tableau II.4 : Modules de finesse des différents sables.

## II.2.3 Courbe granulométrique

Les courbes granulométriques des différents sables sont portées aux figures II.1, II.2 et II.3

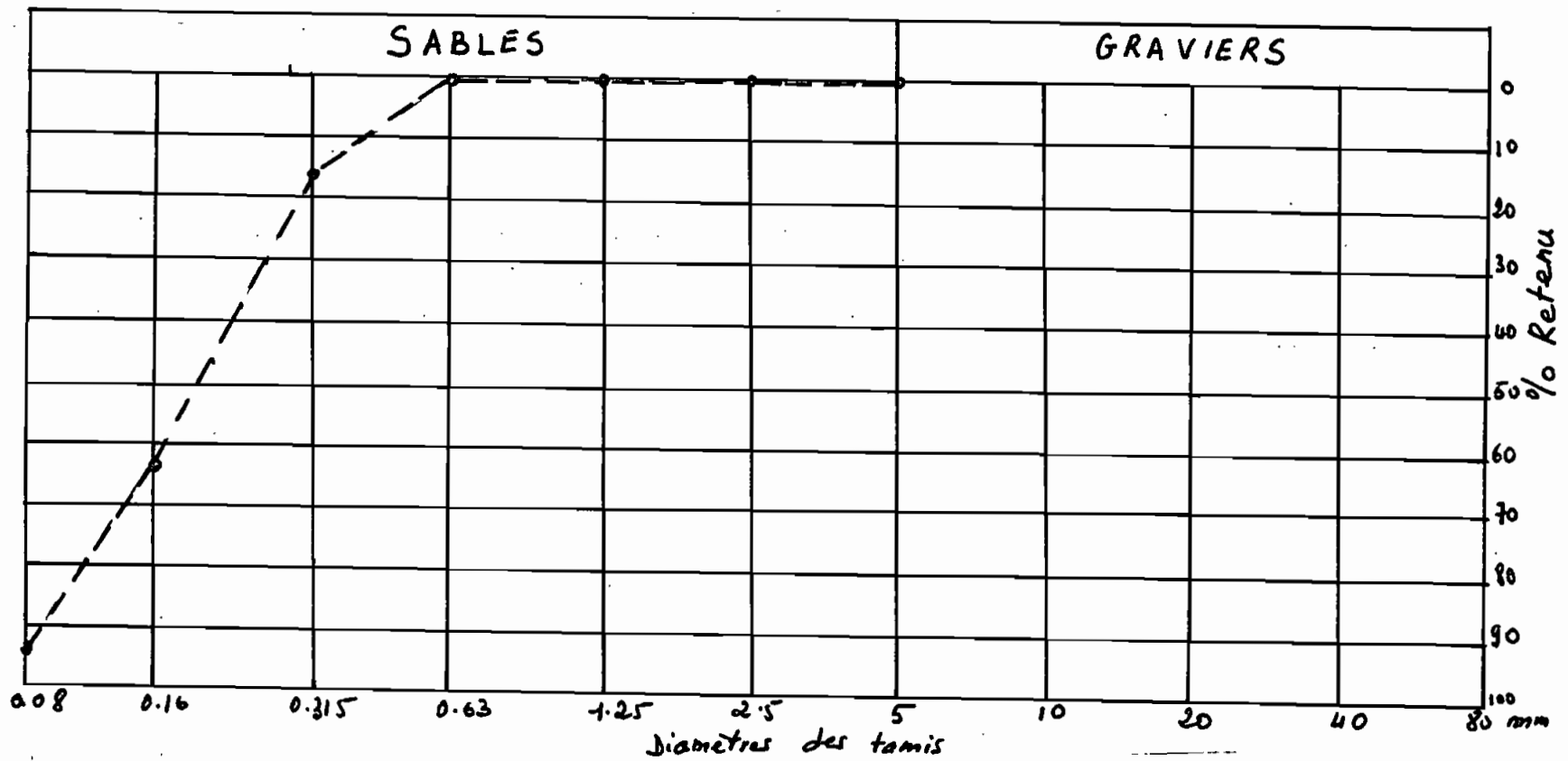


Figure II.1: Courbe granulométrique du sable de dune

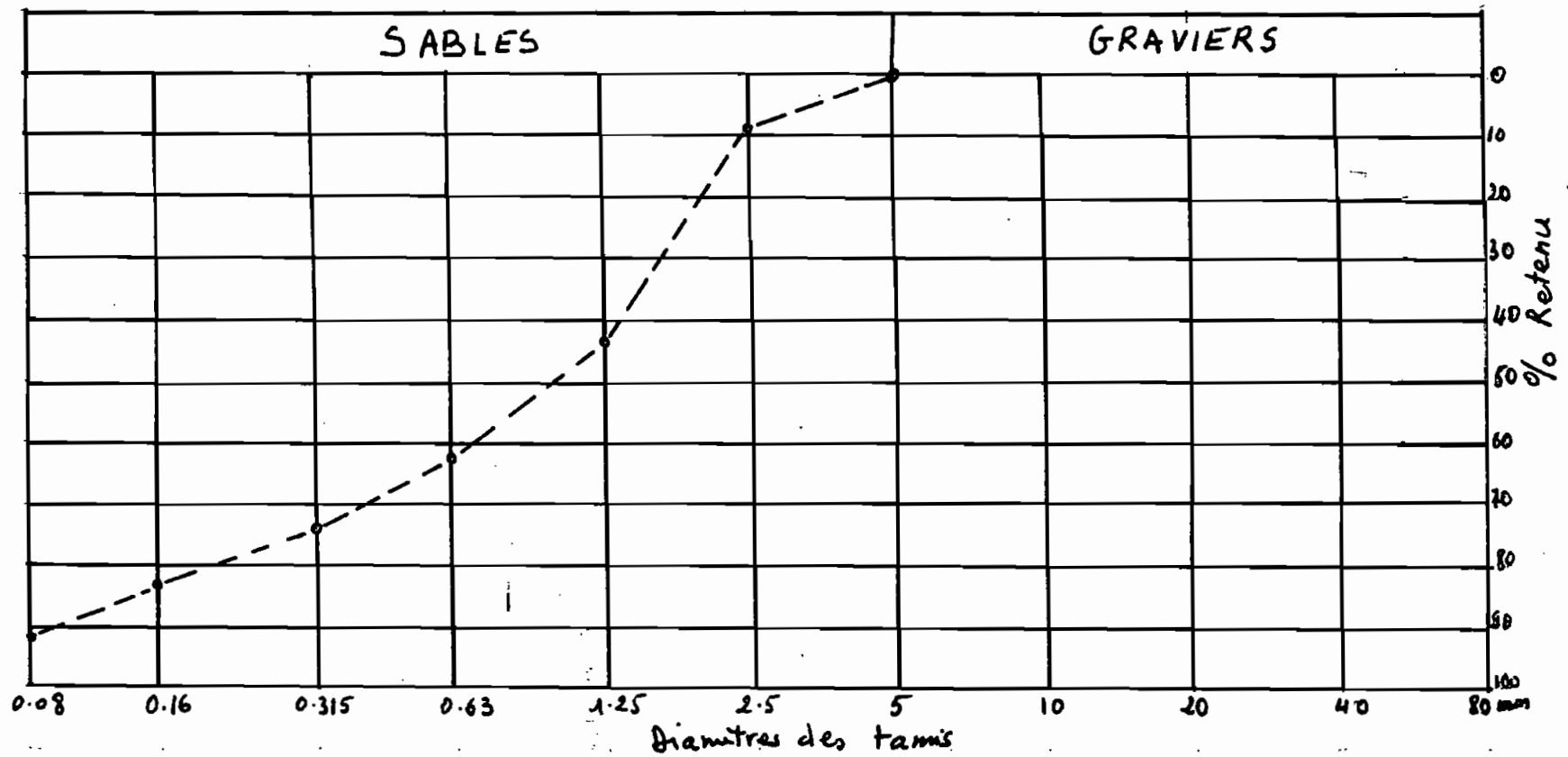


Figure II-2: Courbe granulométrique du sable de basalte concassé

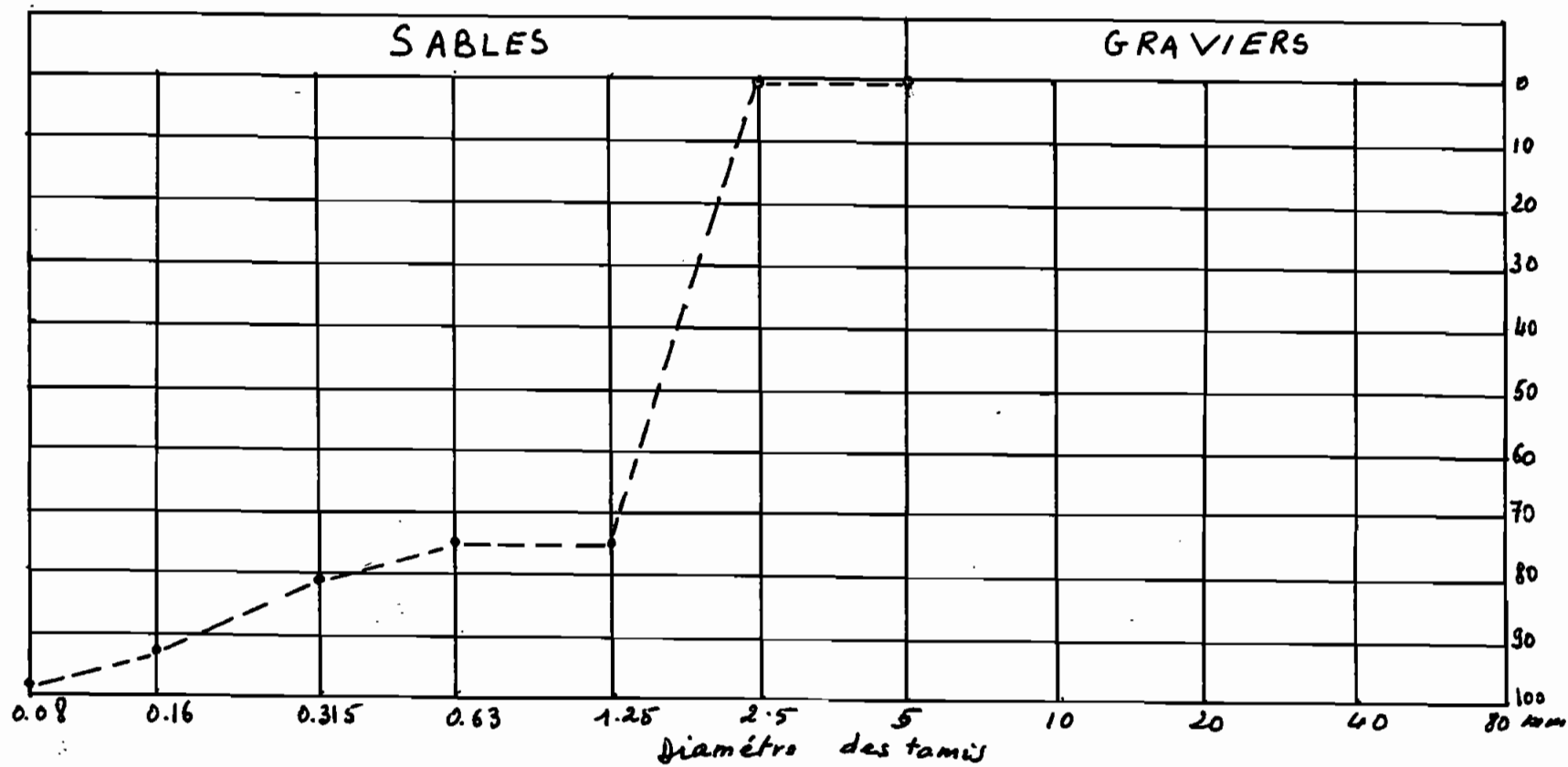


Figure 23: Courbe granulométrique du mélange binaire

## II.2.4 Commentaires des résultats

D'après les limites (2.3 - 3.1) fixés par la norme canadienne concernant le module de finesse des sables, on peut dire que:

- le sable de dune qui a un module de finesse de 0.8 est un sable très fin,
- le sable de basalte concassé qui a un module de finesse de 2.7 est un sable moyen,
- le mélange binaire qui a un module de finesse de 3.3 est un gros sable.

L'analyse des courbes granulométriques des différents types de sable étudiés, montre que:

- le sable de dune a une granulométrie continue avec l'absence de grains de grosseur supérieure à 0.63. La courbe granulométrique de ce sable est très à gauche, cela confirme qu'on a du sable très fin,
- le sable de basalte concassé a une courbe granulométrique étalée. Le sable est de granulométrie continue,
- le mélange binaire présente une courbe granulométrique avec un palier horizontal. Le sable a donc une granulométrie discontinue, caractérisée par le manque de grains de grosseurs comprise entre 0.63 et 1.25 mm.

## II.3 Dosage des mortiers

Pour chaque type de sable, nous avons préparé trois mélanges ciment-sable différents: ciment/2 sables, un ciment/2.5 sables et un ciment/3.5 sables. Ces rapports sont exprimés en masse de ciment sur masse de sable.

Pour chaque mélange ciment-sable, nous avons travaillé avec trois rapports eau-ciment différents:

$$\frac{\text{eau}}{\text{ciment}} = 0.5 \quad ; \quad \frac{\text{eau}}{\text{ciment}} = 0.6 \quad \text{et} \quad \frac{\text{eau}}{\text{ciment}} = 0.7 .$$

### II.3.1 Malaxage

A défaut de malaxeur mécanique, nous avons effectué un malaxage manuel.

Nous versons d'abord le ciment sur le sable placé dans une assiette. Nous les mélangeons avec nos mains de façon à obtenir un mélange plus ou moins homogène. Nous verrons l'eau, puis ensuite mélanger le tout puisque l'eau puisse mouiller tout le mélange.

### II.3.2 Essai de recoures

L'essai de recoures ou flow test nous donne une indication sur l'ouvrabilité et la maniabilité des différents mélanges considérés.

### II 3.2.1 Procédure

Le flow test a été effectué avec la table à secousses.

Il faut d'abord assécher le plateau de la table à secousses et placer le moule au centre de celui-ci. Le moule est conique avec un diamètre inférieur de 10 cm.

Ensuite, déposer une couche de mortier de 25 mm d'épaisseur dans le moule et pilonner 20 fois. Ne pas appliquer plus de pression qu'il ne faut pour assurer un remplissage uniforme du moule.

Remplir complètement le moule et pilonner comme pour la première couche. Graver le mortier. Nettoyer et assécher le dessus de la table en prenant soin d'enlever l'eau sur les bords du moule. Démouler; immédiatement après, laisser tomber le plateau 25 fois en 15 s d'une hauteur de 12.5 mm.

Enfin on mesure l'étalement qui est l'augmentation du diamètre de la masse de mortier, exprimé en pourcentage du diamètre initial (diamètre inférieur du moule conique).

### II 3.2.2 Résultats

Les étallements des mélanges de mortiers pour les trois types de sable sont portés aux tableaux : II.5, II.6 et II.7. Ces résultats nous ont permis de tracer les courbes d'étallement en fonction du rapport eau-ciment représentées sur les figures II.4, II.5 et II.6

	1 ciment / 2.5 sable	1 ciment / 3 sable	1 ciment / 3.5 sable
$\frac{E}{C} = 0.5$	0	0	0
$\frac{E}{C} = 0.6$	85	25	0
$\frac{E}{C} = 0.7$	133	86	30

Tableau II.5 : Étallements pour le sable de dune

	1 ciment / 2.5 sable	1 ciment / 3 sable	1 ciment / 3.5 sable
$\frac{E}{C} = 0.5$	0	0	0
$\frac{E}{C} = 0.6$	80	25	0
$\frac{E}{C} = 0.7$	130	100	40

Tableau II.6 : Étallements pour le sable de basalte concassé



	1 ciment / 2.5 sables	1 ciment / 3 sables	1 ciment / 3.5 sables
$\frac{F}{C} = 0.5$	50	15	0
$\frac{F}{C} = 0.6$	125	85	38
$\frac{F}{C} = 0.7$	145	136	97

Tableau II.7: Etalement pour le mélange binaire

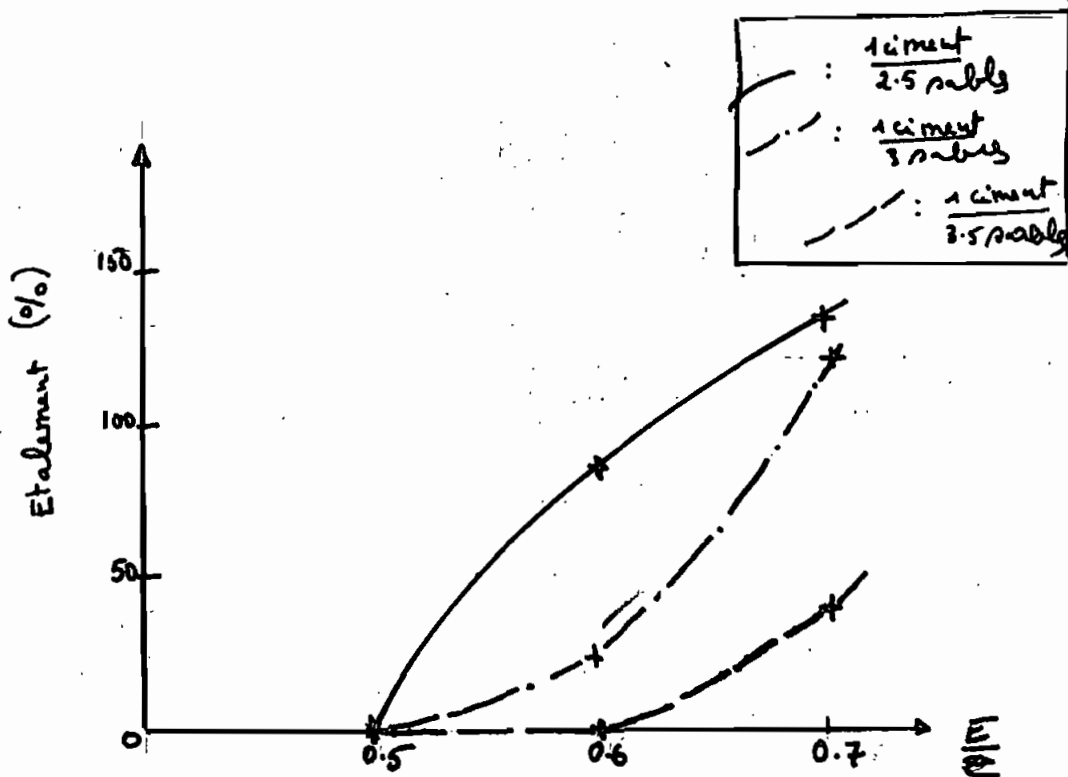


Figure II.4: Etalement en fonction de  $\frac{F}{C}$   
pour le sable de dune

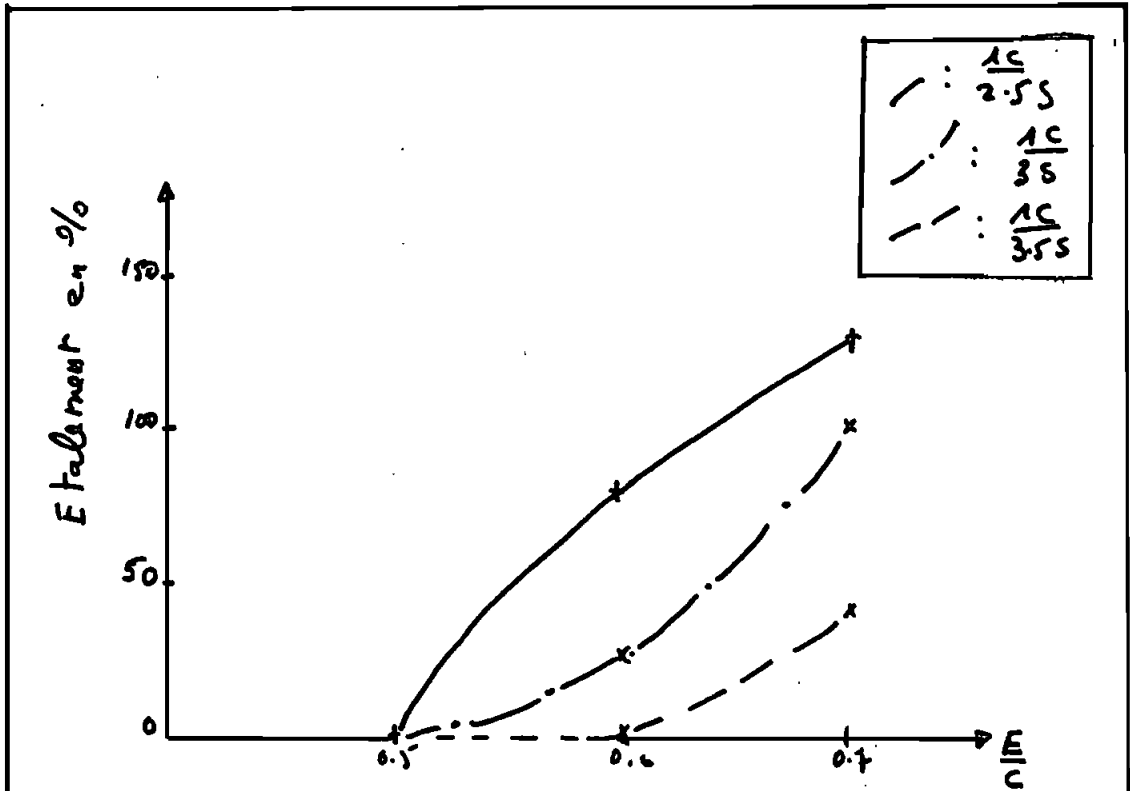


Figure II.5: Etalement en fonction de E/C  
par le sable de base de la carrière

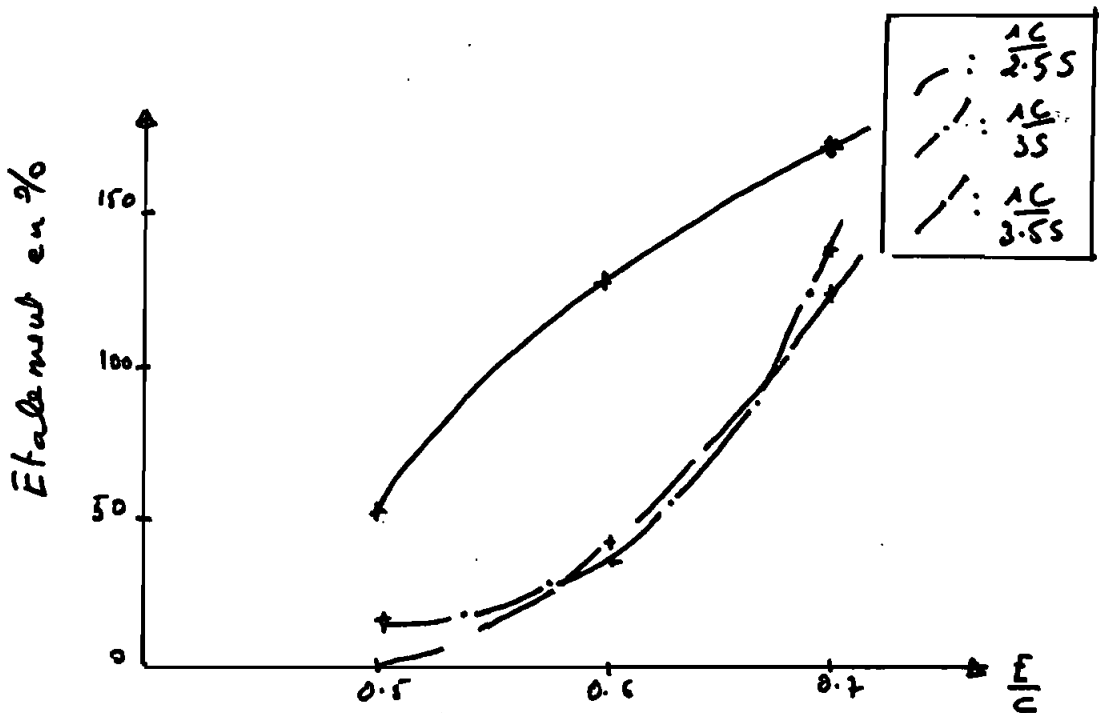


Figure II.6: Etalement en fonction de E/C  
par le mélange binaire

### Fig. 2.3 Commentaires des résultats

Les résultats obtenus montrent que le sable de dune et le sable de basalte concassé ont presque les mêmes étalements pour les mêmes mélanges. Normalement le sable de dune devrait donner des étalements plus faibles parce qu'il est plus fin, mais le sable de basalte concassé contient plus de poussière. Ceci montre bien pourquoi ces deux types de sable ont des étalements sensiblement égaux pour les mêmes mélanges.

Alors que les deux premiers types de sable présentent des résultats sensés sur le point de vue étalement, le sable fabriqué (mélange binaire) quant à lui donne des étalements plus importants. On pourrait dire que le mélange binaire donne, pour les mêmes mélanges, des mortiers plus maniables, c'est à dire plus faciles à travailler.

## II. 2 Résistances à la compression

### II 2.1 Moulage des éprouvettes

Immédiatement après la détermination de l'étalement, le mortier provenant du moule d'étalement doit être remis dans le récipient de malaxage. On doit remalaxer le mortier pour éliminer la ségrégation qui pourrait se produire lors de l'essai de secours.

Ainsi donc le moulage des cubes de 50mm d'arêtes commence. On remplit les moules de trois couches avec un pilonnage de 25 coups par couche. Le mortier est ensuite arasé en glissant le long du moule la tresse maintenue presque perpendiculairement à celui-ci et animée d'un mouvement de va et vient.

### II 2.2 Cure

#### II 2.2.1 Pourquoi la Cure?

Le béton durcit par hydratation, qui est la réaction entre le ciment Portland et l'eau. Les propriétés du béton, comme la durabilité, la résistance à la compression, la résistance à l'usure, la stabilité du volume, s'améliorent avec l'âge pourvu que la température

soit propice et que l'humidité permette l'hydratation du ciment. Une évaporation excessive d'eau d'un béton fraîchement placé ralentit et arrête trop tôt l'hydratation du ciment. Pour prévenir cette perte d'eau, on doit protéger le béton et la cure doit commencer le plus tôt possible.

On peut dire que la cure fournit un surplus d'eau au béton, empêche la perte d'eau du béton.

#### II 2.2.2 Méthode de Cure :

Comme méthode de cure, nous avons utilisé la cure par l'eau.

Ainsi au terme du moulage, toutes les éprouvettes doivent être conservées dans les moules puis entreposées dans une pièce humide durant 24 heures. C'est après cette période que toutes les éprouvettes, doivent être immergées dans des réservoirs d'eau jusqu'à 28 jours pour l'essai à la résistance en compression.

## II. 4.3 Essai à la compression

A 28 jours les éprouvettes doivent être rompues à la presse hydraulique. Pour chaque cube les faces venant en contact avec les plateaux de l'appareil d'essai doivent être exempts de grains de sable et d'incrustations facilement détachables. Les faces doivent être planes et parallèles. La charge doit être appliquée sur les faces qui étaient en contact avec les surfaces planes du moule. Le cube doit être soigneusement placé dans l'appareil d'essai, vis à vis du centre du bloc d'appui supérieur pour qu'il soit bien situé par rapport au centre du plateau supérieur. La charge doit être appliquée jusqu'à la rupture.

## II 4.4 Résultats des essais

Les résultats obtenus à partir de l'essai de compression sont résumés dans les tableaux II.8, II.9 et II.10

Avec ces résultats, nous avons tracé les courbes contrainte en fonction du rapport eau-ciment et les courbes contrainte en fonction du rapport ciment-sable. Les courbes sont représentées sur les figures

	1 ciment / 2.5 sable			1 ciment / 3 sable			1 ciment / 3.5 sable		
	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$
Cube 1 (MPa)	18.88	23.60	23.68	18.00	22.64	19.52	13.66	18.20	18.80
Cube 2 (MPa)	19.60	23.60	23.12	18.70	22.56	20.40	14.89	18.95	17.84
Cube 3 (MPa)	19.90	24.40	24.32	17.90	22.56	19.90	12.95	18.82	17.44
Moyenne (MPa)	19.46	23.87	23.71	18.20	22.59	19.94	13.83	18.68	18.03

Tableau II.8 : Résistance en compression à 29 jours (proportion de sable de dune)

	1 ciment / 2.5 sable			1 ciment / 3 sable			1 ciment / 3.5 sable		
	$\frac{F}{C} = 0.5$	$\frac{F}{C} = 0.6$	$\frac{F}{C} = 0.7$	$\frac{F}{C} = 0.5$	$\frac{F}{C} = 0.6$	$\frac{F}{C} = 0.7$	$\frac{F}{C} = 0.5$	$\frac{F}{C} = 0.6$	$\frac{F}{C} = 0.7$
Cube 1 (MPa)	44.10	45.98	42.32	43.20	43.68	41.76	33.76	36.56	37.44
Cube 2 (MPa)	43.04	46.04	42.32	43.55	44.72	42.40	35.36	37.52	35.52
Cube 3 (MPa)	42.80	46.56	43.76	39.60	43.68	41.92	36.86	38.96	38.40
Moyenne (MPa)	43.31	46.19	42.80	42.12	44.03	42.03	35.31	37.68	37.12

Tableau II.9: Résistance en compression à 28 jours  
(pour le sable de basalte concassé)



	1 ciment / 2.5 sables			1 ciment / 3 sables			1 ciment / 3.5 sables		
	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.5$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.6$	$\frac{E}{\epsilon} = 0.7$
Cube 1 (MPa)	52.40	46.36	44.00	54.96	40.72	41.50	46.32	42.00	39.60
Cube 2 (MPa)	55.04	45.64	43.84	49.84	44.80	41.75	47.84	44.00	40.05
Cube 3 (MPa)	59.20	44.80	42.08	50.20	46.64	43.30	47.84	40.32	38.79
Moyenne (MPa)	55.55	45.60	43.31	51.67	44.05	42.25	47.33	42.11	39.48

Tableau II'd Résistance à la compression à 28 jours  
(pour le mélange binaire)

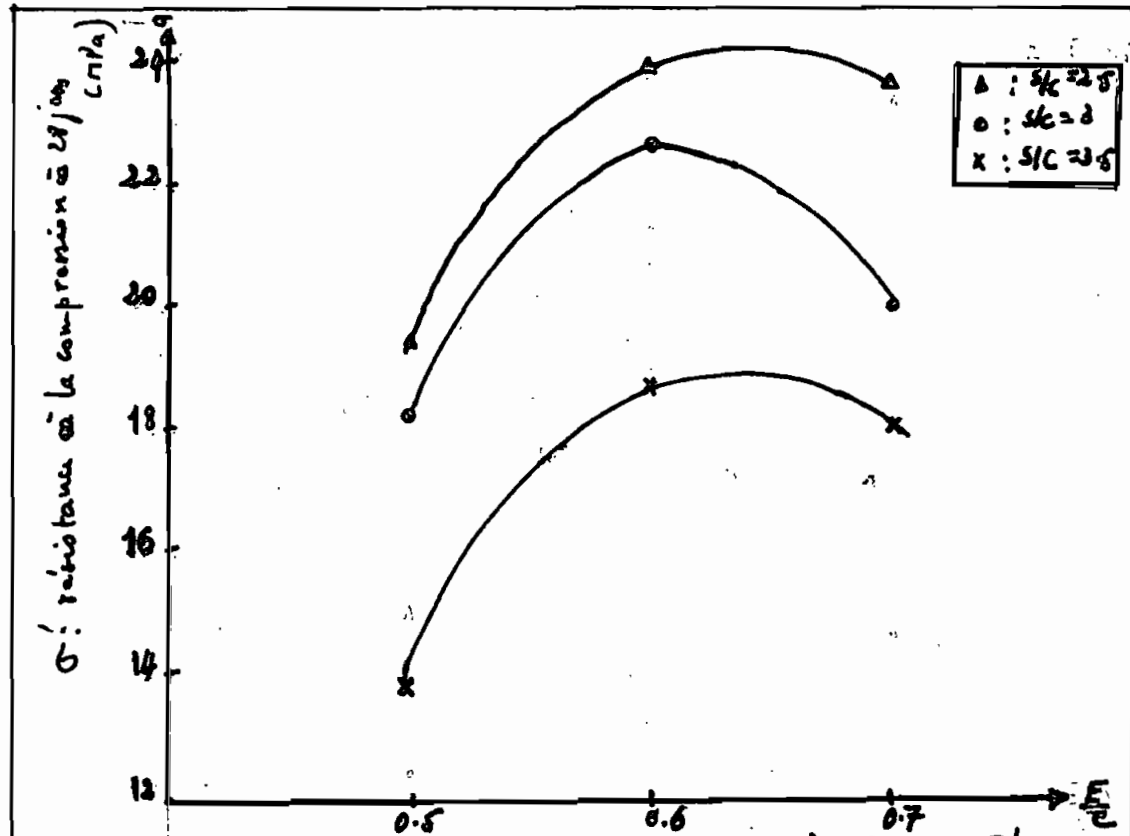


Figure II.7: courbe contrainte  $\sigma$  en fonction de  $F/C$  (pour le sable de dune)

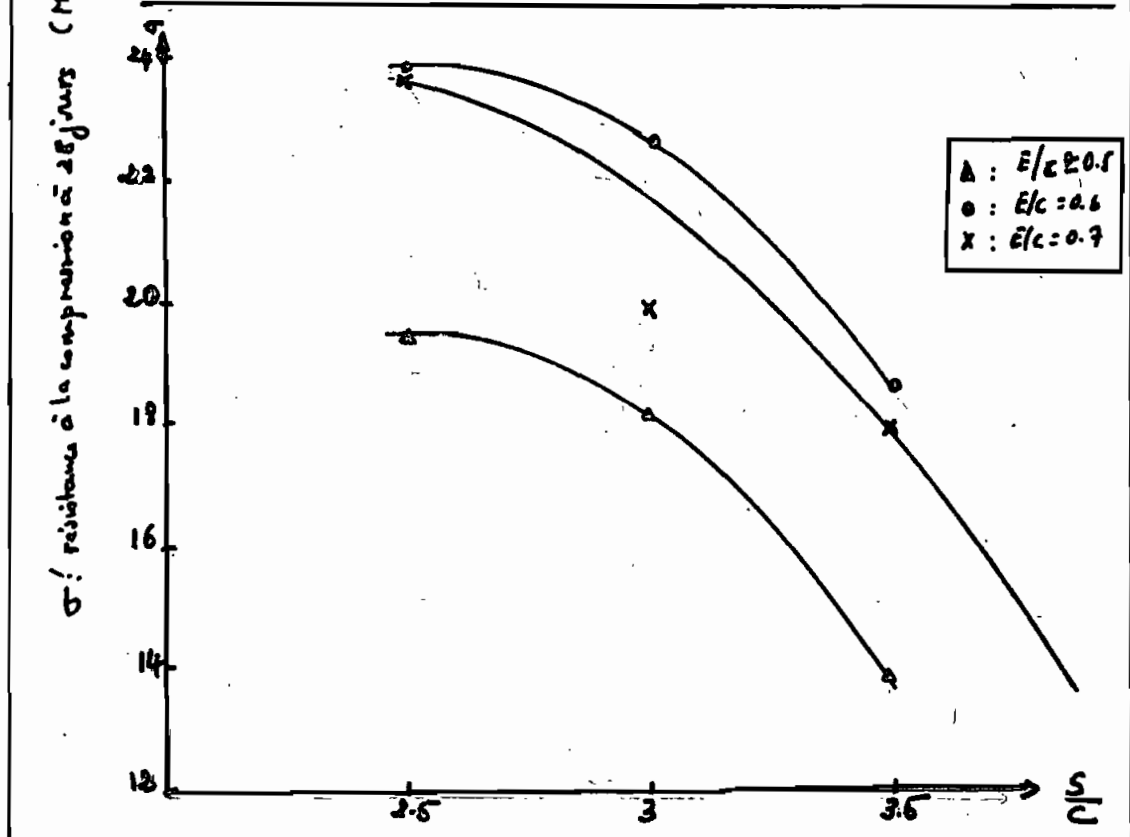


Figure II.8: courbe résistance à la compression  $\sigma'$  en fonction de  $S/C$  (pour le sable de dune)

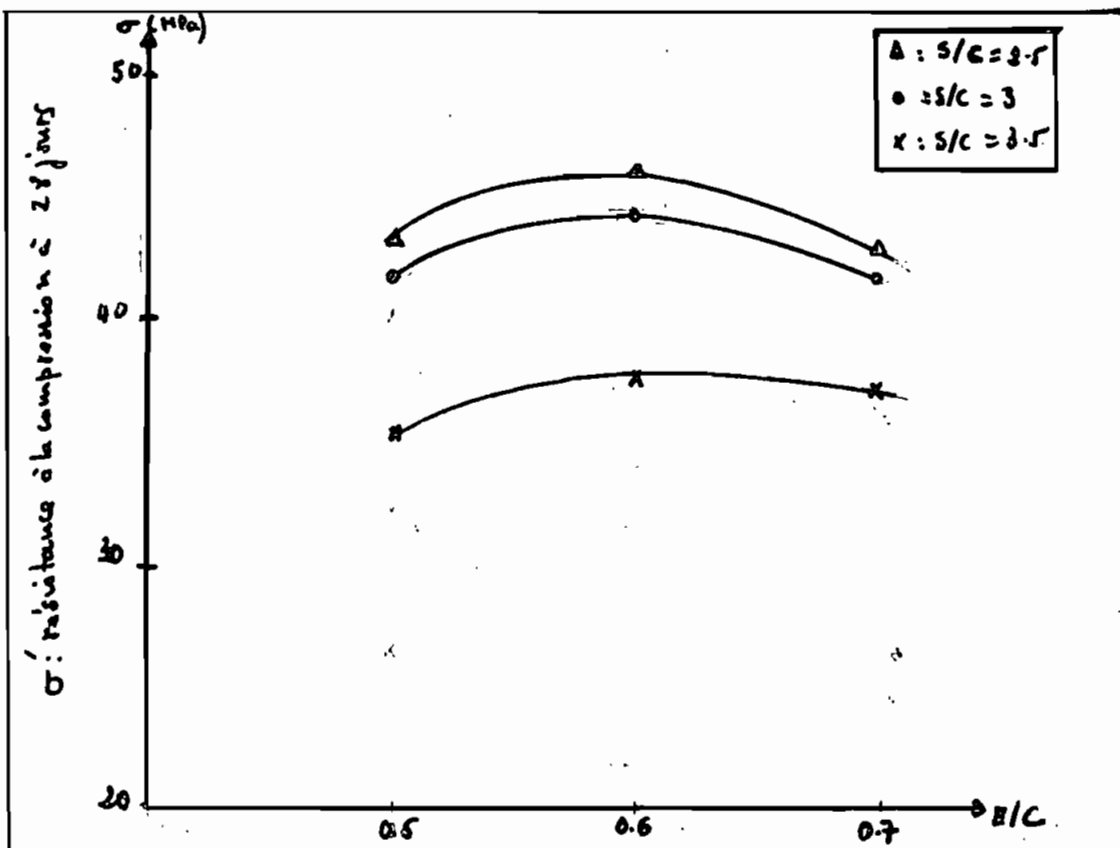


Figure II-9: Courbe résistance en compression en fonction de E/C (pour le sable de basalte concassé)

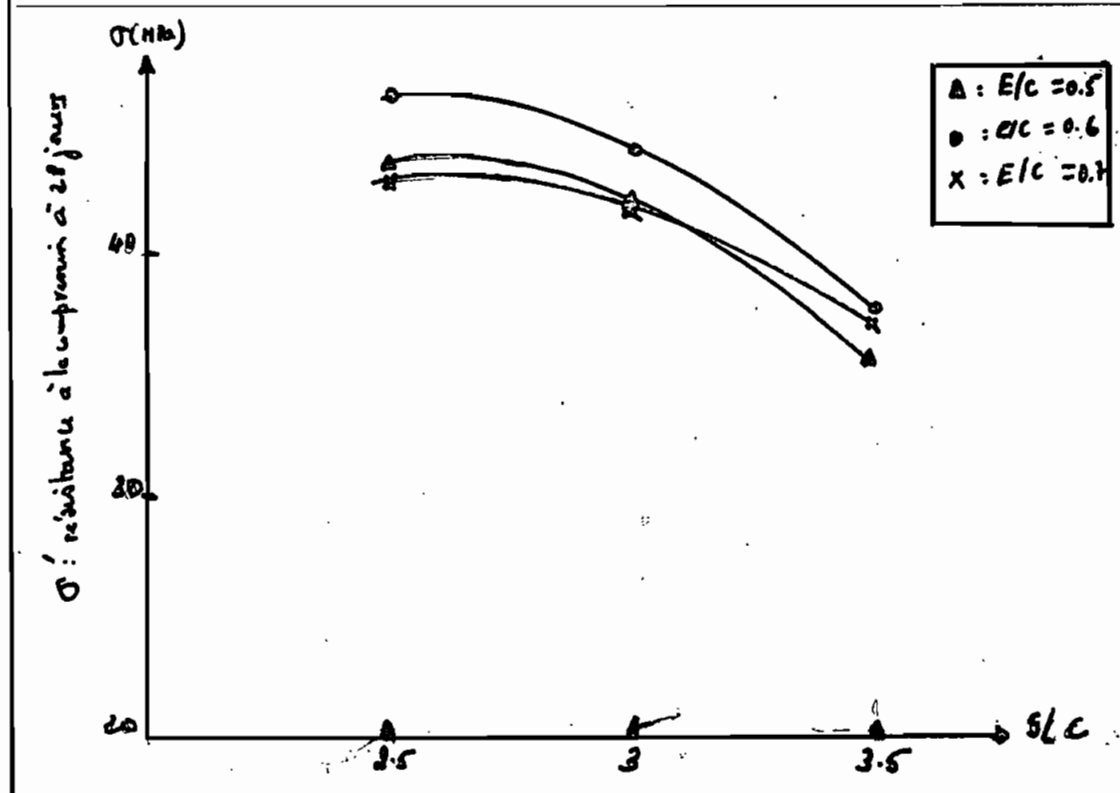


Figure II-10: Courbe résistance en compression en fonction de S/C (pour le sable de basalte concassé)

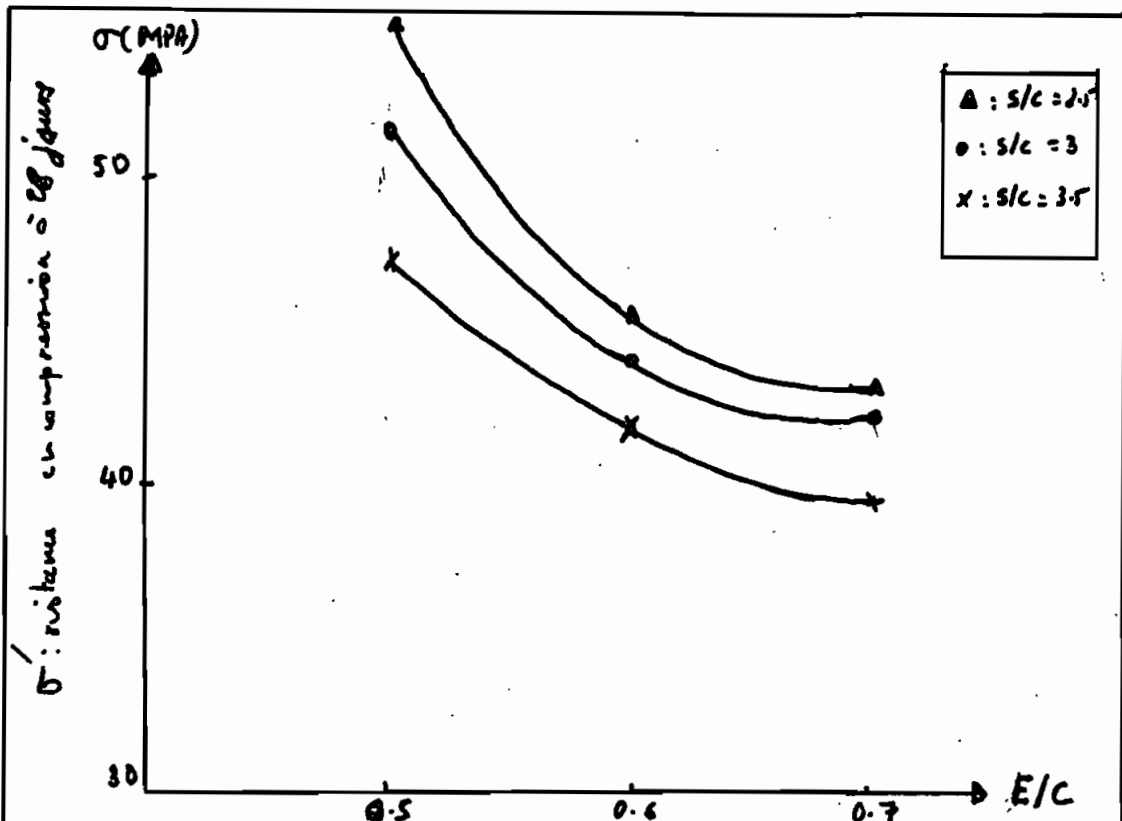


Figure II.11: Courbe résistance au compression en fonction de E/C (pour le mélange binaire)

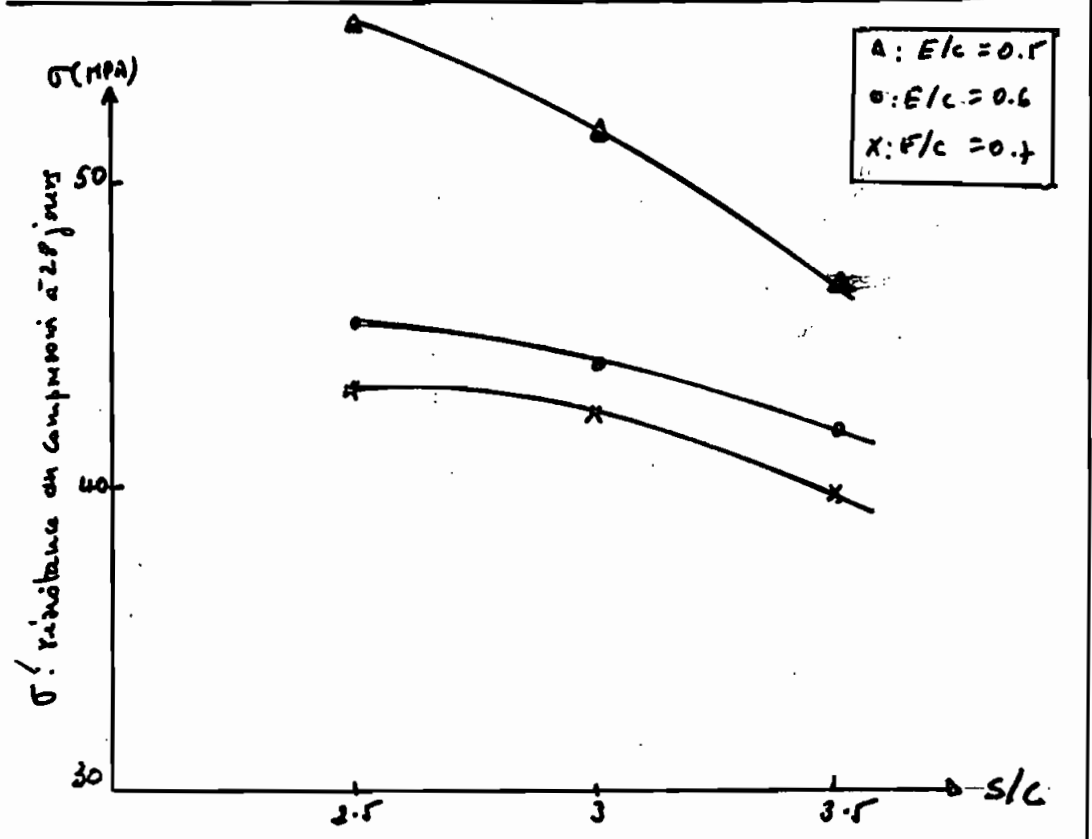


Figure II.12: Courbe résistance au compression en fonction de S/C (pour le mélange binaire)

## II 4.5 Commentaires de résultats

L'analyse des résultats nous permet de dire que le sable de dune n'est pas trop sensible aux variations des quantités d'eau utilisées par les mélanges. En effet pour un même mélange, les résistances augmentent peu par des rapports  $\frac{E}{c}$  différent.

Ainsi que pour le sable de basalte concassé et le mélange binaire ce phénomène ne se fait pas sentir.

L'étude des courbes  $E/c - \sigma$  (contrainte en compression en fonction du rapport  $E/c$ ) montre que :

• Pour le sable de dune et le sable de basalte concassé, que pour un mélange donné la résistance fournie pour un  $\frac{E}{c} = 0.5$  est plus faible que celle obtenue pour un  $\frac{E}{c} = 0.6$ . Cela ne va pas à l'encontre de la théorie des bétons, car on devrait avoir le phénomène inverse. On pourrait expliquer ceci par le fait que ces 2 types de sable ont une granulométrie très continue. Il se pose alors un problème de lubrification entre les grains. Le glissement entre les grains est empêché. Ainsi pour  $E/c = 0.5$ , le compactage est difficile, donc le mélange devient moins dense et poreux, ce qui tend à diminuer la résistance du mortier.

. Alors que pour le mélange binaire on a une granulométrie discontinue pour laquelle les particules gross laissent des espaces qui seront occupés par les particules fines. Ainsi on aura un mortier plus dense, facile à compacter et qui donne des résidus plus grands.

### III. CHAPITRE 2

## ANALYSE STRUCTURALE

L'analyse structure a pour but de localiser les zones critiques du point de vue contraintes pour pouvoir dimensionner la structure considérée.

Cette analyse se fait grâce à un programme d'éléments finis.

#### III.1 Programme d'Éléments Finis

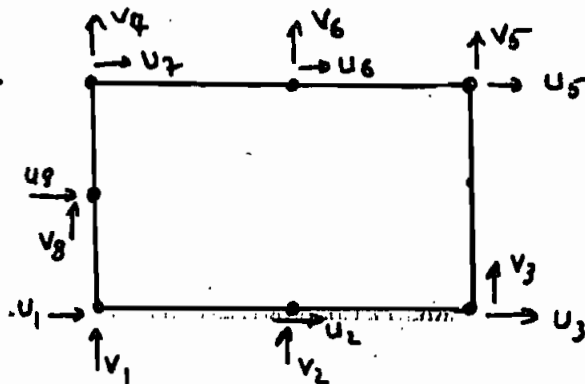
##### III.1.1 Fondement du programme

Confectionné par notre directeur de projet, ce programme tient son essence de la théorie des éléments finis.

La méthode des éléments finis est une méthode numérique pour la résolution de problèmes de génie généralement très complexes. A cause de sa grande flexibilité et diversité, cette méthode est adoptée d'une manière assez courante dans l'industrie et la recherche.

Le concept de base consiste à subdiviser un milieu continu par une série de subdivisions appelées éléments. Les éléments sont interliés par des lignes nodales et les coins des éléments deviennent alors des nœuds.

Pour notre étude nous avons utilisé des éléments rectangulaires à 8 nœuds, avec 2 degrés de liberté à chaque nœud, d'où au total 16 degrés de liberté au niveau de chaque élément



On définit maintenant à l'intérieur de chaque élément un champ de déplacements qui se trouve à être une approximation au problème. Cette approximation de la fonction choisie pour l'élément s'appelle "interpolation" et on exprime cette interpolation en fonction des inconnues aux nœuds. Donc ces variables nodales définissent le comportement de l'élément et par conséquent le groupement ou assemblage définissent approximativement le comportement global de la structure.

La méthode consiste donc à idéaliser la structure d'abord. Ensuite pour chaque élément on définit



Une fonction d'interpolation afin de calculer les propriétés de l'élément. L'assemblage de tous ces éléments nous donne une série d'équations simultanées à résoudre. Enfin, la solution de ces équations nous permet d'évaluer les déplacements et efforts internes dans la structure.

Si  $V$  et  $U$  sont les polynômes d'interpolation pour les déplacements on peut écrire :

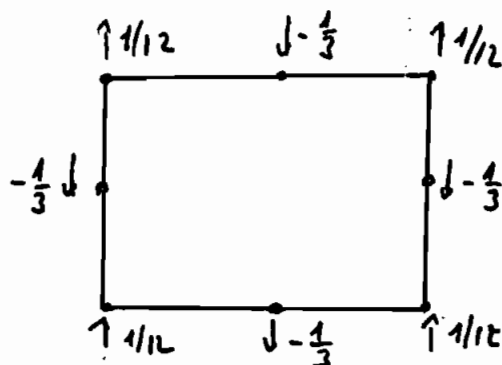
$$U = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 y^2 + \alpha_6 xy + \alpha_7 x^2 y + \alpha_8 xy^2$$

$$V = \alpha_9 + \alpha_{10} x + \alpha_{11} y + \alpha_{12} x^2 + \alpha_{13} y^2 + \alpha_{14} xy + \alpha_{15} x^2 y + \alpha_{16} xy^2$$

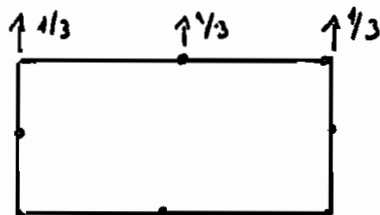
Les expressions de  $U$  et  $V$  montrent bien que la variation du déplacement est quadratique suivant  $x$  et  $y$ .

Comme la déformation est la dérivée du déplacement, on peut dire que la déformation et la contrainte ont une variation linéaire suivant  $x$  et  $y$ .

En ce qui concerne les forces : les forces de volume (poids propre de la structure) se répartissent comme suit sur l'élément



Alors que les forces de surface (par exemple poids de la structure). Comme suit sur l'élément :



N.B : Il est à noter que le listing des programme est porté en annexe.

### III 1.2 Fonctionnement du programme

Le programme fonctionne comme suit :

1) Introduction des données générales :

$n_{joint}$ ,  $n_e$ ,  $n_{cou}$ ,  $n_{lcase}$ ,  $\gamma_m$ ,  $p_r$ ,  $dens$ ,  $i_{check}$

$n_{joint}$  : nombre de noeuds

$n_e$  : nombre d'éléments

$n_{cou}$  : nombre de noeuds restreints

$n_{lcase}$  : nombre de cas de chargement

$\gamma_m$  : module d'élasticité

$p_r$  : coefficient de poisson.

$dens$  : poids spécifique du béton

$i_{check} = 0$  les calculs sont faits

$= 1$  les calculs ne sont pas faits

2) Introduction de données sur les éléments et les nœuds

$n, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, a, b, t$

$n$ : numéro de l'élément

$n_1, \dots, n_8$ : nœuds ordonnés dans le sens anti-horaire

$a$ : largeur de l'élément (en mètres)

$b$ : hauteur de l'élément (en mètres)

$t$ : épaisseur de l'élément (en mètres)

3) Restriction aux nœuds.

Nœud, Dir X, Dir Y

Nœud: numéro du nœud restreint

Dir X = 1 le nœud est bloqué suivant X

= 0 le nœud est libre suivant X

Dir Y = 1 le nœud est bloqué suivant Y

= 0 le nœud est libre suivant Y

4) Chargement nœ, nombre de nœuds chargés.

Nœud, Force X, Force Y

Nœud: numéro du nœud chargé

Force X: force au nœud suivant X

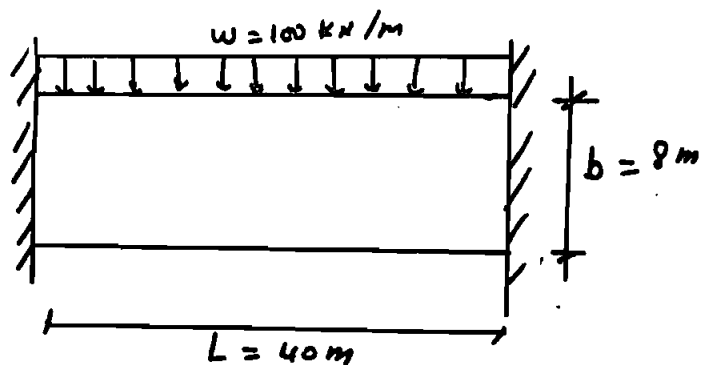
Force Y: force au nœud suivant Y

5) La détermination des déplacements et contraintes.

Les déplacements et contraintes sont calculés par l'ordinateur et ceci pour tous les nœuds de la structure considérée dans les 2 directions (X et Y).

### III.1.3 : Tests sur l'efficacité du programme

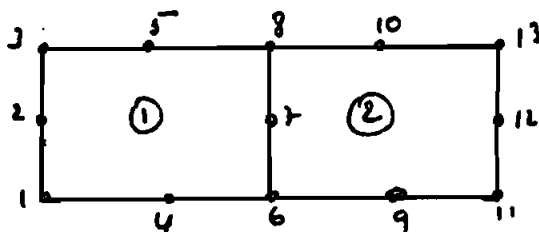
Pour vérifier le programme, nous avons considéré une poutre biencastée chargée uniformément



$t =$  épaisseur de la poutre  $= 1\text{ m}$ .

① Pour l'analyse de la poutre, nous avons étudié 4 cas :

• 1<sup>er</sup> cas : La poutre est divisée en 2 éléments



- données générales :

13, 2, 6, 1, 21000000, 0.2,  $-23.5$ , 0

- données aux nœuds :

1 1 4 6 7 8 5 3 2 20 91

2 6 9 11 12 13 10 8 7 20 81

- données aux éléments et aux nœuds

1	1	6	9	10	11	7	3	2	20	4	1
2	9	14	17	18	19	15	11	10	20	4	1
3	3	7	11	12	13	8	5	4	20	4	1
4	11	15	19	20	21	16	13	12	20	4	1

- Restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1

- chargement n° 1, 5 nœuds chargés

5	0	-666.67
8	0	-666.67
13	0	-1333.33
16	0	-666.67
21	0	-666.67

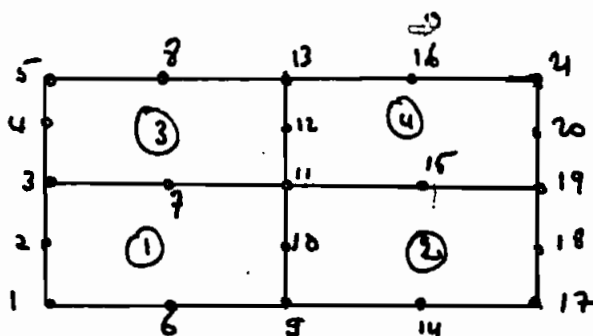
- Restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1

- chargement n° 1, 5 nœuds chargés

3	0	-666.67
5	0	-666.67
8	0	-1333.33
10	0	-666.67
13	0	-666.67

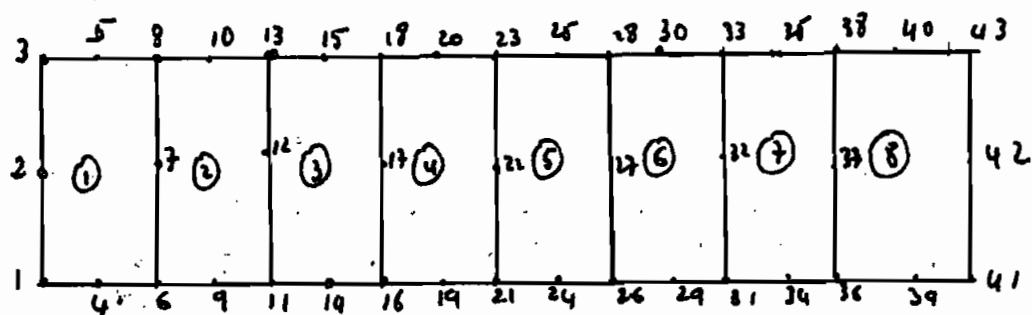
• 2<sup>e</sup> cas : Poutre divisé en 4 éléments



- données générales :

21, 4, 10, 1, 2100000, 0.2,  $\overset{\circ}{-23.5}$ , 0

o 3<sup>e</sup> cas : Pontre divisé en 8 éléments



- données générales :

43, 8, 6, 1, 210000, 0.2, -23.5, 0

- données aux éléments et aux nœuds

1	1	4	6	7	8	5	3	2	5	8	1
2	6	9	11	12	13	10	8	7	5	8	1
3	11	14	16	17	18	15	13	12	5	8	1
4	16	19	21	22	23	20	18	17	5	8	1
5	21	24	26	27	28	25	23	22	5	8	1
6	26	29	31	32	33	30	28	27	5	8	1
7	31	34	36	37	38	35	33	32	5	8	1
8	36	39	41	42	43	40	38	37	5	8	1

- Restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
41	1	1
42	1	1
43	1	1

données

• chargement n° 1, 17 nœuds chargés

3	0	-166.67
5	0	-166.67
8	0	-333.33
10	0	-166.67
13	0	-333.33
15	0	-166.67
18	0	-333.33
20	0	-166.67
23	0	-333.33
25	0	-166.67
28	0	-333.33
30	0	-166.67
33	0	-333.33
35	0	-166.67
38	0	-333.33
40	0	-166.67
43	0	-166.67

• 4<sup>e</sup> cas : Poutre divisée en 16 éléments

5	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
4	⑤	12 ⑩	16 ⑪	20 ⑫	24 ⑬	28 ⑭	32 ⑮	36 ⑯	40 ⑰	44 ⑱	48 ⑲	52 ⑳	56 ㉑	60 ㉒	64 ㉓	68 ㉔
3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	63	67
2	①	10 ②	18 ③	26 ④	34 ⑤	42 ⑥	50 ⑦	58 ⑧	66 ⑨							
1	6	9	14	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65



→ données géométriques:

69, 16, 10, 1, 2100000, 0.2,  $-23.5$ , 0

- données sur les éléments et aux nœuds

1	1	6	9	10	11	7	3	2	5	4	1
2	9	14	17	18	19	15	11	10	5	4	1
3	17	22	25	26	27	23	19	18	5	4	1
4	25	30	33	34	35	31	27	26	5	4	1
5	33	38	41	42	43	39	35	34	5	4	1
6	41	46	49	50	51	47	43	42	5	4	1
7	49	54	57	58	59	55	51	50	5	4	1
8	57	62	65	66	67	63	59	58	5	4	1
9	3	7	11	12	13	8	5	4	5	4	1
10	11	15	19	20	21	16	13	12	5	4	1
11	19	23	27	28	29	24	21	20	5	4	1
12	27	31	35	36	37	32	29	28	5	4	1
13	35	39	43	44	45	40	37	36	5	4	1
14	43	47	51	52	53	48	45	44	5	4	1
15	51	55	59	60	61	56	53	52	5	4	1
16	59	63	67	68	69	64	61	60	5	4	1

## - Restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
65	1	1
66	1	1
67	1	1
68	1	1
69	1	1

- chargement  $n=1$ , 17 nœuds chargés

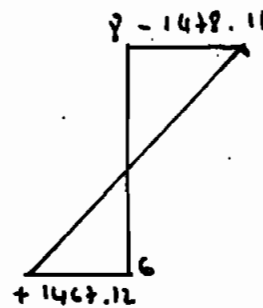
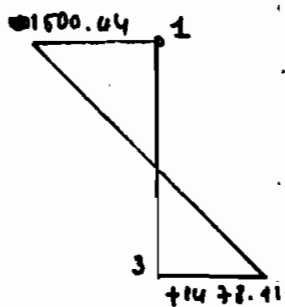
5	0	-166.67
8	0	-166.67
13	0	-333.33
16	0	-166.67
21	0	-333.33
24	0	-166.67
29	0	-333.33
32	0	-166.67
37	0	-333.33
40	0	-166.67
45	0	-333.33

48	0	-166.67
53	0	-333.33
56	0	-166.67
61	0	-333.33
64	0	-166.67
69	0	-166.67

⊛ Résultats et commentaires.

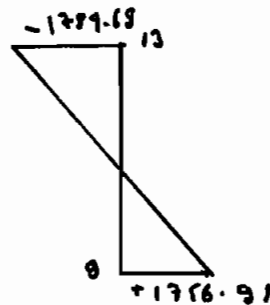
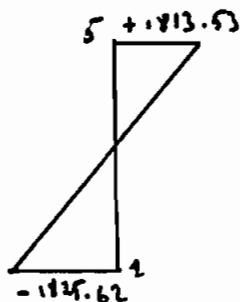
Pour les 4 cas considérés, les résultats sont représentés en annexe. Mais quelques résultats sont représentés ci-dessous :

• 1<sup>er</sup> cas

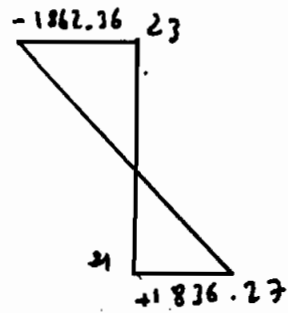
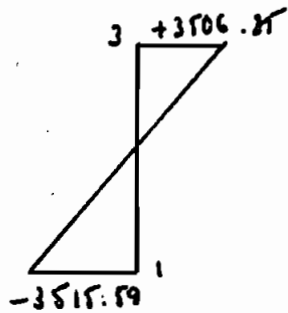


NB : (+) : traction (-) : compression  
Les contraintes sont en  $\text{KN/m}^2$

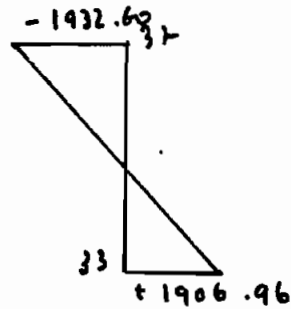
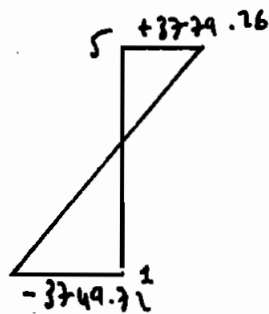
• 2<sup>ème</sup> cas



• 3<sup>e</sup> cas



• 4<sup>e</sup> cas



les contraintes <sup>de traction</sup> au niveau de encastrement et au niveau du centre de la poutre sont résumés dans le tableau III 1.

Il est à noter que :

$\sigma_1$  : contrainte à l'encastrement

$\sigma_2$  : contrainte au centre de la poutre

	1 <sup>e</sup> cas	2 <sup>e</sup> cas	3 <sup>e</sup> cas	4 <sup>e</sup> cas
$\sigma_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	1489.45	1813.53	3506.35	3779.26
$\sigma_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	1467.12	1756.91	1836.27	1906.10

Tableau III 1 : Valeurs de  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$

à l'aide des valeurs de  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  on peut tracer les figures

III 1 et III 2

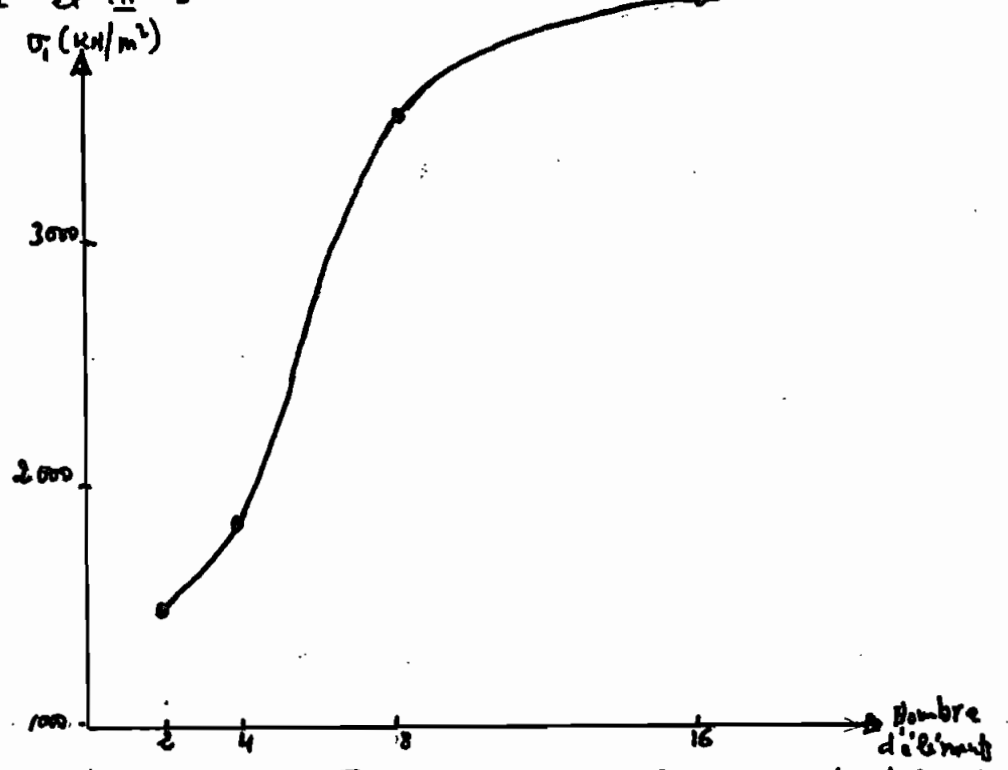


Figure III 1: courbe  $\sigma_1$  en fonction du nombre d'éléments

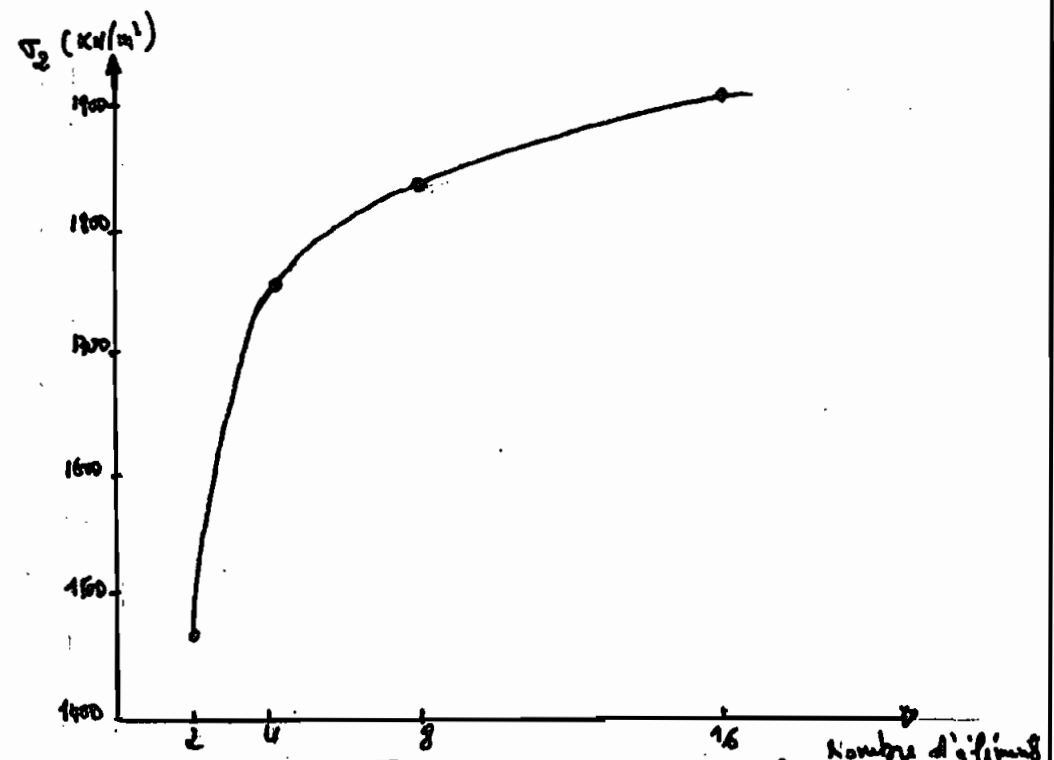


Figure III 2: courbe de  $\sigma_2$  en fonction du nombre d'éléments

On pourrait comparer les valeurs de  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  obtenues à partir de l'analyse de la poutre par le programme d'éléments finis avec celles obtenues à partir de la théorie de la résistance des matériaux.

Selon la théorie de la résistance des matériaux, en utilisant l'équation de Navier ( $\sigma = \frac{My}{I}$ ), on obtient :

$$\sigma_1 = \frac{M_1 y_1}{I}$$

$$M_1 = \frac{wl^2}{12}$$

$$w = \text{charge toit} + \text{charge de pluie} = 100 + 188 = 288 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = \frac{wl^2}{12} = \frac{288 \times 40^2}{12} = 38400 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$y_1 = 4 \text{ m}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \times 8^3}{12} = 42.67 \text{ m}^4$$

$$\text{d'où } \sigma_1 = 3599.72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{et } \sigma_2 = \frac{M_2 y_2}{I}$$

$$M_2 = \frac{wl^2}{24} = 19200 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$y_2 = 4 \text{ m}$$

$$I = 42.67 \text{ m}^4$$

$$\text{d'où } \sigma_2 = 1799.86 \text{ kN/m}^2$$

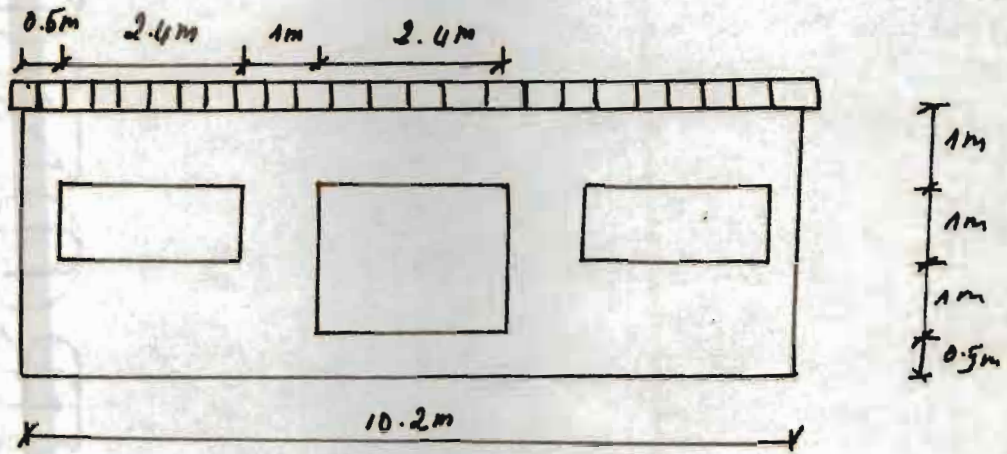
L'analyse des résultats obtenus dans le tableau III.1 nous permet de dire que les valeurs de contraintes sont influencées par le nombre d'éléments considérés lors de l'analyse de la poutre. En effet nous avons remarqué que, plus le nombre d'éléments augmente, plus les valeurs de contraintes sont grandes. On peut dire que la précision du programme est plus grande lorsque le nombre d'éléments considérés pour l'analyse de la structure est plus élevé. De plus, le programme donne des meilleurs résultats, comparé à la théorie de la résistance des matériaux. On pourrait expliquer parfaitement que la résistance des matériaux considère les charges comme étant des charges de surface. Alors que le programme considère aussi bien les charges de surface, que les charges de volume.

### III.2 Etude d'un mur façade

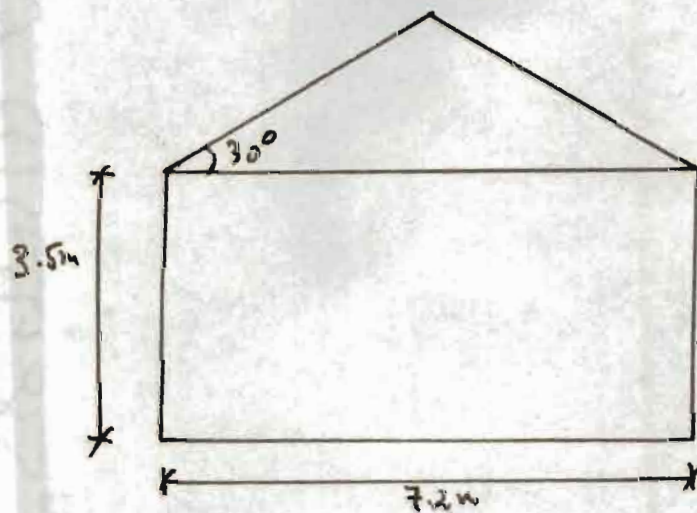
#### III.2.1 : choix architectural

Pour les besoins de l'étude, nous avons choisi un type d'habitat muni d'une toiture légère. Le choix a été fait parce que ce type d'architecture est souvent utilisé.

L'habitat à étudier est représenté comme suit:



Vue de face (Mur façade)



Vue de profil





Les charges de toitures tirées de la norme française sont les suivantes :

- poids mort (D)

- couverture (en tôle galvanisée ondulée) :  $0.1 \text{ KN/m}^2$
  - structure de couverture :  $0.08 \text{ KN/m}^2$
  - charpente (tuiles plates) :  $0.3 \text{ KN/m}^2$
  - Faux plafond (solives + ) :  $0.45 \text{ KN/m}^2$
- $0.93 \text{ KN/m}^2$

- surcharge d'exploitation : (L)

- terrasse non accessible sauf entretien :  $1 \text{ KN/m}^2$

d'où une charge totale non pondérée de  $0.93 + 1 = 1.93 \text{ KN/m}^2$

### III 2.2 analyse de la structure.

Nous avons fait l'analyse des contraintes sur le mur de façade qui est le mur le plus critique. Pour des problèmes d'espace requis au niveau de l'utilisation de programme d'éléments finis, nous avons divisé le mur façade en 2 parties symétriques et nous faisons notre étude sur l'une de parties.

Nous avons étudié 2 cas :

- le 1<sup>er</sup> cas : le mur est divisé en 36 éléments
- le 2<sup>nd</sup> cas : le mur est divisé en 42 éléments

III 2.2.1 : Etude de 1<sup>er</sup> cas (34 éléments)

le menu est représenté à la figure III.3

- données générales ::

144, 34, 20, 1, 21000000, 0.2, -23.5, 0

- données aux éléments et aux nœuds

Ces données sont portées aux tableaux III.2 et III.3

- restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	0
33	1	0
92	1	0

93	1 0
118	1 0
119	1 0
144	1 0

- changement n° 1, 17 noeds charges

128	0	- 1.17
129	0	- 1.17
130	0	- 2.62
131	0	- 1.46
132	0	- 2.92
133	0	- 1.46
134	0	- 2.92
135	0	- 1.46
136	0	- 2.68
137	0	- 1.22
138	0	- 3.56
139	0	- 2.33
140	0	- 3.7
141	0	- 1.4
142	0	- 2.8
143	0	- 1.4
144	0	- 1.4

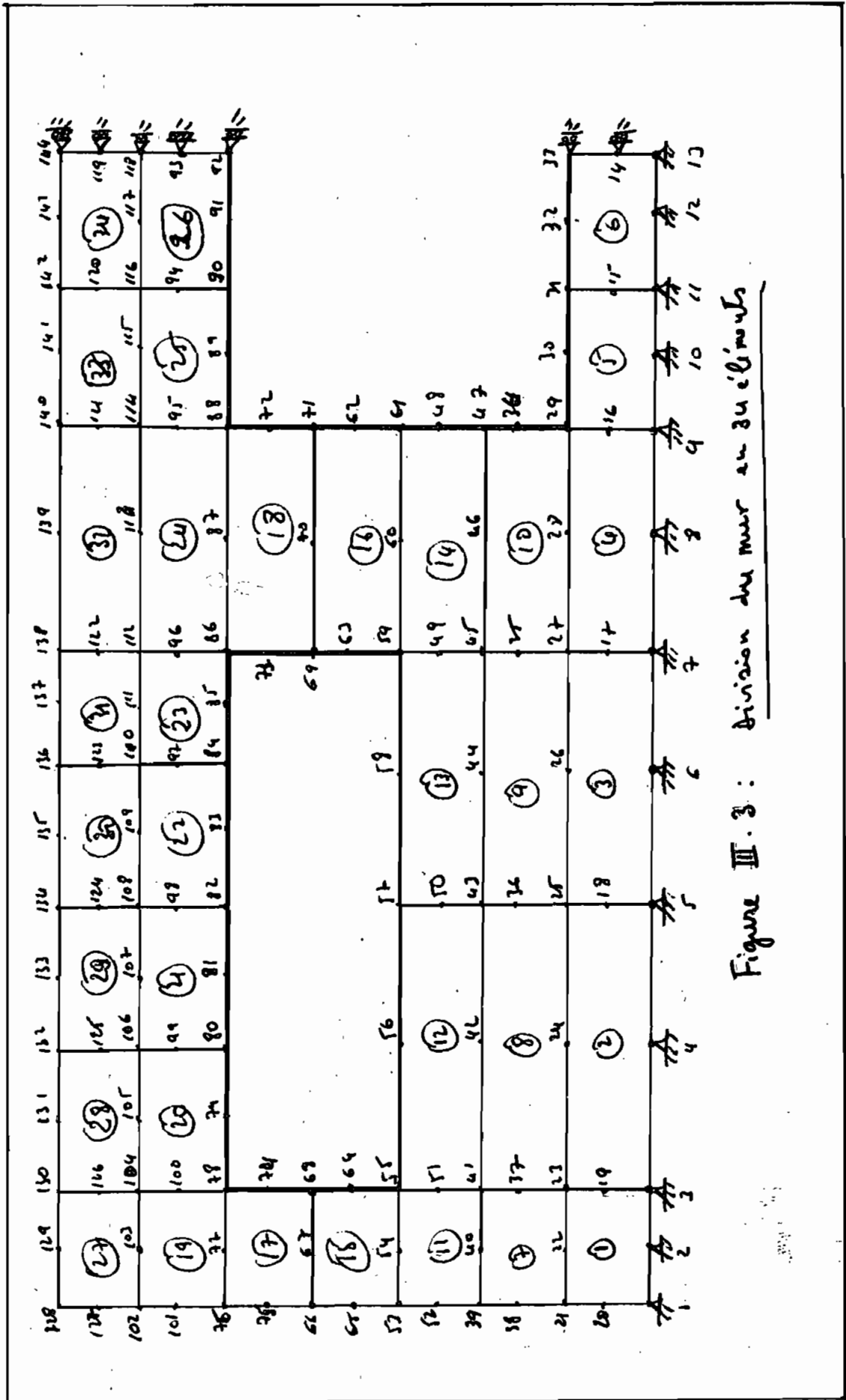


Figure III.3: Division du mur en 34 éléments

n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>	a <sub>(n)</sub>	b <sub>(n)</sub>	t <sub>(n)</sub>
1	1	2	3	19	22	22	21	20	0.5	0.5	0.09
2	3	4	5	18	25	24	23	19	1.25	0.5	0.09
3	5	6	7	17	27	26	25	18	1.15	0.5	0.09
4	7	8	9	16	<del>29</del>	28	27	17	1	0.5	0.09
5	9	10	11	15	31	30	29	16	0.6	0.5	0.09
6	11	12	<del>13</del>	14	33	32	31	15	0.6	0.5	0.09
7	21	22	23	32	41	40	39	38	0.5	0.5	0.09
8	23	24	25	36	43	42	41	37	1.25	0.5	0.09
9	25	26	27	35	45	44	43	36	1.15	0.5	0.09
10	27	28	29	34	47	46	45	35	1	0.5	0.09
11	39	40	41	51	55	54	53	52	0.5	0.5	0.09
12	41	42	43	50	57	56	55	51	1.25	0.5	0.09
13	43	44	45	49	59	58	57	50	1.15	0.5	0.09
14	45	46	47	48	61	60	59	49	1	0.5	0.09
15	53	54	55	64	68	67	66	65	0.5	0.5	0.09
16	54	60	61	62	71	70	69	63	1	0.5	0.09
17	66	67	68	74	78	77	76	75	0.5	0.5	0.09

Tableau III. 2 : Données aux éléments et aux unités (p.m. de 1° au)

n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>	a <sub>(n)</sub>	(n) <sup>b</sup>	t <sub>(n)</sub>
18	69	70	71	72	88	87	86	73	1	0.5	0.09
19	76	77	78	100	104	103	102	101	0.5	0.5	0.09
20	78	79	80	99	106	105	104	100	0.625	0.5	0.09
21	80	81	82	98	108	107	106	99	0.625	0.5	0.09
22	82	83	84	97	110	109	108	98	0.625	0.5	0.09
23	84	85	86	96	112	111	110	97	0.525	0.5	0.09
24	86	87	88	95	114	113	112	96	1	0.5	0.09
25	88	89	90	94	116	115	114	95	0.6	0.5	0.09
26	90	91	92	93	118	117	116	94	0.5	0.5	0.09
27	102	103	104	126	130	129	128	127	0.5	0.5	0.09
28	104	105	106	125	132	131	130	126	0.625	0.5	0.09
29	106	107	108	124	134	133	132	125	0.625	0.5	0.09
30	108	109	110	123	136	135	134	124	0.625	0.5	0.09
31	110	111	112	122	138	137	136	123	0.525	0.5	0.09
32	112	113	114	121	140	139	138	122	1	0.5	0.09
33	114	115	116	120	142	141	140	121	0.6	0.5	0.09
34	116	117	118	119	144	143	142	120	0.6	0.5	0.09

Tableau III.3: Donnés aux limites et aux rejets (pour  $t_{(n)}$ )

III 2.2.2 Etude de 2<sup>e</sup> cas

le mur est représenté à la figure III. 4

- données générales :

170, 42, 22, 1, 2000 000, 0.2, -23.5, 0

- données aux éléments et aux nœuds

Ces données sont portées aux tableaux III. 4, III. 5 et III. 6

- restrictions aux nœuds

1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	0
33	1	0
92	1	0



93	1	0
118	1	0
119	1	0
144	1	0
145	1	0
170	1	0

- changement n° 1, 17 nœuds charges

154	0	- 1.17
155	0	- 1.17
156	0	- 2.61
157	0	- 1.46
158	0	- 2.92
159	0	- 1.46
160	0	- 2.91
161	0	- 1.46
162	0	- 2.68
163	0	- 2.22
164	0	- 3.56
165	0	- 2.33
166	0	- 3.7
167	0	- 1.4
168	0	- 2.8
169	0	- 1.4
170	0	- 1.4

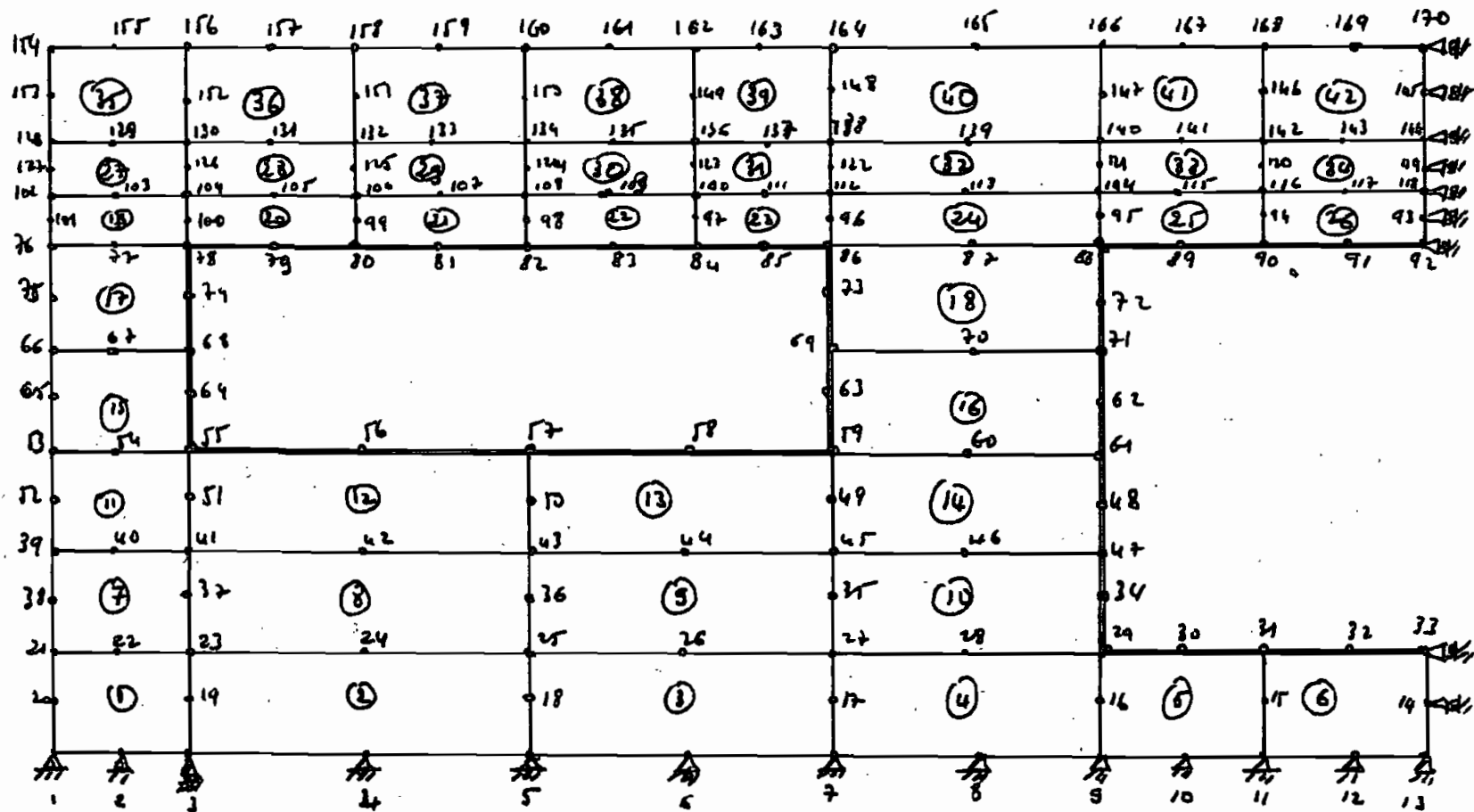


Figura III. 4: División de mur en 42 elementos

n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>	a (cm)	b (cm)	f (cm)
1	1	2	3	19	23	22	21	20	0.5	0.5	0.09
2	3	4	5	18	25	24	23	19	1.25	0.5	0.09
3	5	6	7	17	27	26	25	19	1.15	0.5	0.09
4	7	8	9	16	29	28	27	17	1	0.5	0.09
5	9	10	11	15	31	30	29	16	0.6	0.5	0.09
6	11	12	13	14	33	32	31	15	0.6	0.5	0.09
7	21	22	23	37	41	40	39	38	0.5	0.5	0.09
8	23	24	25	36	43	42	41	37	1.25	0.5	0.09
9	25	26	27	35	45	44	43	36	1.15	0.5	0.09
10	27	28	29	34	47	46	45	35	1	0.5	0.09
11	39	40	41	51	55	54	53	52	0.5	0.5	0.09
12	41	42	43	50	57	56	55	51	1.25	0.5	0.09
13	43	44	45	49	59	58	57	50	1.15	0.5	0.09
14	45	46	47	48	61	60	59	49	1	0.5	0.09
15	53	54	55	64	69	67	66	65	0.5	0.5	0.09

Tableau III.5: Données aux noeuds et aux éléments (pour le 2<sup>e</sup> cas)

n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>	a (m)	b (m)	t (m)
16	59	60	61	62	71	70	69	63	1	0.5	0.09
17	66	67	68	74	78	77	76	75	0.5	0.5	0.09
18	69	70	71	72	89	87	86	73	1	0.5	0.09
19	76	77	78	100	104	103	102	101	0.5	0.250	0.09
20	78	79	80	99	106	105	104	100	0.625	0.250	0.09
21	80	81	82	98	108	107	106	99	0.625	0.250	0.09
22	82	83	84	97	110	109	108	98	0.625	0.250	0.09
23	84	85	86	96	112	111	110	97	0.525	0.250	0.09
24	86	87	88	95	114	113	112	96	1	0.250	0.09
25	88	89	90	94	116	115	114	95	0.6	0.250	0.09
26	90	91	92	93	118	117	116	94	0.6	0.250	0.09
27	102	103	104	128	130	129	128	127	0.5	0.250	0.09
28	104	105	106	125	132	131	130	126	0.625	0.250	0.09

Tableau III.4 : données aux éléments et aux nœuds (pour le 2<sup>e</sup> cas)

Table III.6: Double air elements at air speeds (pne. & 2° cond)

n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>	0 (cm)	p (cm)	t
29	106	107	108	109	110	111	112	113	0.65	0.70	0.09
30	108	109	110	111	112	113	114	115	0.65	0.70	0.09
31	110	111	112	113	114	115	116	117	0.55	1	0.09
32	112	113	114	115	116	117	118	119	0.5	0.55	0.09
33	114	115	116	117	118	119	120	121	0.5	0.55	0.09
34	116	117	118	119	120	121	122	123	0.4	0.45	0.09
35	118	119	120	121	122	123	124	125	0.5	0.5	0.09
36	120	121	122	123	124	125	126	127	0.65	0.7	0.09
37	122	123	124	125	126	127	128	129	0.65	0.7	0.09
38	124	125	126	127	128	129	130	131	0.65	0.7	0.09
39	126	127	128	129	130	131	132	133	0.55	0.6	0.09
40	128	129	130	131	132	133	134	135	1	1	0.09
41	130	131	132	133	134	135	136	137	0.6	0.6	0.09
42	132	133	134	135	136	137	138	139	0.6	0.6	0.09

Il est à noter que les résultats globaux pour les 2 cas étudiés sont portés en annexe. Mais certains résultats sont portés aux figures III.5 et III.6

### III 2.3 localisation des zones critiques et dimensionnement

La traction se développe à certains endroits sur un mur. Ces endroits sont appelés zones critiques. Ces zones se localisent surtout au niveau des ouvertures (fenêtres et portes).

lorsqu'une fissure se produit, c'est que la résistance à la traction du béton a été localement dépassée. Comme nous cherchons à éviter le développement des fissures, nous allons travailler dans le domaine élastique pour ne pas dépasser la résistance à la traction du béton. C'est pourquoi nous avons utilisé la méthode des contraintes admissibles (CCBA 68) pour dimensionner notre mur.

Selon la CCBA 68, modifiée en 1970, la résistance du béton pour les pièces sollicitées en flexion est donnée par l'expression  $\sigma_j = 4 \bar{\sigma}_b$

avec  $\sigma_j$  : résistance à la traction du béton

$\bar{\sigma}_b$  = contrainte de traction.

Connaissant la résistance en traction, nous allons trouver la résistance à la compression  $\sigma'_j$  à partir de l'expression  $\sigma_j = 7 + 0.06\sigma'_j$

$\sigma_j$  : résistance en traction (en bars)

$\sigma'_j$  : résistance en compression (en bars).

Ainsi après avoir obtenu la valeur de  $\sigma'_j$ , nous allons sur les courbes contrainte de compression en fonction du rapport S/C de différents types de sable étudiés pour choisir le mélange adéquat.

Ainsi en examinant les résultats obtenus à partir de l'analyse structurale d'un mur, on voit que la contrainte maximale de traction est de  $362.99 \text{ kN/m}^2$ , soit environ 4 bars. donc  $\bar{\sigma}_b = 4 \text{ bars}$

$$\text{on aura } \sigma_j = 16 \text{ bars} = 7 + 0.06\sigma'_j \Rightarrow$$

$$\sigma'_j = 150 \text{ bars} = 15 \text{ MPa}$$

Avec cette valeur de  $\sigma'_j$ , on trouve à partir des figures II.8, II.10 et II.12 les mélanges suivants:

• Pour le sable de dune :  $\frac{S}{C} = 3.75$  pour  $\frac{E}{C} = 0.6$

• Pour le sable de basalte concassé :  $\frac{S}{C} = 4.35$  pour  $\frac{E}{C} = 0.6$

• Pour le mélange binaire :  $\frac{S}{C} = 5.25$  pour  $\frac{E}{C} = 0.6$

\* Nous avons choisi  $\frac{E}{C} = 0.6$  parce que le sable de basalte concassé et le sable de dune

donnent des résistances optimales pour  $\frac{E}{C} = 0.6$

		-347.17	-383.30	-180.48	+139.18	+260.02	-141.11	-244.77	
-2696	+61.25 (17)	-90.94 (18)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	-41.84
-4381	(19)	27.76 (20)	+57.21 (21)	-26.11 (22)	-78.54 (23)	+53.96 (24)	+31.74 (25)	-91.46 (26)	
-4381	(14)	-112.30	+326.77	+362.99	-182.61	(18)	(18)	(18)	+194.6)
-29.07	(15)	-9.30			-66.60	(16)	(16)	(16)	
+15.08	(11)	+157.32	+163.10	-94.76		(14)	(14)	(14)	
+5.64	(7)	+16.94	(12)	+24.97	(13)	(14)	(14)	(14)	
+229	(7)	-24.40	(8)	-46.89	(9)	(10)	(10)	(10)	
	(1)		(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	+6.27
	-58.41	-39.40	-13.71	-40.64	-44.07	-8.65			+0.10

Figure III.5: Contraintes sur le mur facade (cas n° 1 : 14 éléments)

+ : traction  
 - : compression  
 (i) : élément i





#### IV

### CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude nous a permis de comparer trois types de sable : sable de dune, sable de basalte concassé et un mélange binari de sable.

Le sable de dune et le sable de basalte concassé ont une granulométrie continue, alors que le mélange binari présente une granulométrie discontinue. Cette différence de granulométrie influence beaucoup sur certaines propriétés des mortiers de ciment préparés à partir de ces sables. En effet le mélange binari offre une plus grande maniabilité et des résistances en compression supérieures. Ainsi l'utilisation du mélange binari conduira à une économie d'eau, d'où une diminution du retrait, et une réduction de la quantité de ciment utilisé.

Au niveau de l'analyse structurale, cette étude a montré que la précision du programme d'éléments finis augmente avec le nombre d'éléments utilisés pour analyser une structure donnée et que les résultats convergent vers une limite. De même l'analyse d'un mur façade prouve

que les zones critiques se situent au niveau des ouvertures (fenêtres et portes).

On termine en faisant les recommandations suivantes qui pourraient contribuer à une bonne continuation de notre étude.

Nous proposons l'utilisation du mélange binaire comme matériau de construction. Cette utilisation nécessite une étude économique. Il faudra vérifier les isolations thermique et phonique de l'habitat considéré.

Enfin nous demandons à ce que la stabilité des murs soit vérifiée.

ANNEXE

# ANNEXES

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 13

## RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA POUTRE BIENCASTREE

### CAS NO.1 : 2 ELEMENTS , 13 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	-.38649e-16	-.16834e-16
2	-.50001e-18	-.10182e-16
3	.38899e-16	-.20584e-16
4	-.34296e-03	-.10565e-02
5	.34045e-03	-.10600e-02
6	-.53808e-17	-.18022e-02
7	-.36272e-17	-.18224e-02
8	-.39996e-17	-.18222e-02
9	.34296e-03	-.10565e-02
10	-.34045e-03	-.10600e-02
11	.38649e-16	-.16834e-16
12	.50001e-18	-.10182e-16
13	-.38899e-16	-.23917e-16

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 14

contraintes---chargement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-1500.44	-300.09	-1060.38	318.18	-2118.70	-59.75
	6	1467.12	133.52	-516.51	1643.77	-43.13	-18.88
	8	-1478.11	-241.18	-536.66	-40.80	-1678.49	-69.53
	3	1489.45	297.89	-1057.80	2107.71	-320.37	-30.31
	cg	-1.94	-9.71	-49.83	44.16	-55.81	-42.77

element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	6	1467.12	133.52	516.51	1643.77	-43.13	-71.12
	11	-1500.44	-300.09	1060.38	318.18	-2118.70	-30.25
	13	1489.45	297.89	1057.80	2107.71	-320.37	-59.69
	8	-1478.11	-241.18	536.66	-40.80	-1678.49	-20.47
	cg	-1.94	-9.71	49.83	44.16	-55.81	-47.23

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 15

RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA POUTRE BIENCASTREE

CAS NO.2: 4 ELEMENTS , 21 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	-.45898e-16	-.14089e-16
2	-.59259e-18	-.54363e-17
3	.43922e-18	-.11182e-16
4	-.41585e-18	-.53808e-17
5	.45963e-16	-.21512e-16
6	-.41728e-03	-.12736e-02
7	-.37550e-05	-.12705e-02
8	.41452e-03	-.12806e-02
9	-.49050e-17	-.21708e-02
10	-.21427e-17	-.21997e-02
11	-.28368e-18	-.22238e-02
12	.18213e-17	-.22203e-02
13	.32604e-17	-.22119e-02
14	.41728e-03	-.12736e-02
15	.37550e-05	-.12705e-02
16	-.41452e-03	-.12806e-02
17	.45898e-16	-.14089e-16
18	.59259e-18	-.54363e-17
19	-.43922e-18	-.11182e-16
20	.41585e-18	-.53808e-17
21	-.45963e-16	-.21512e-16

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 16

contraintes---changement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-1825.62	-365.12	-1279.07	377.48	-2568.22	-59.86
	9	1756.91	21.60	-620.34	1955.86	-177.35	-17.78
	11	-30.99	-233.79	-695.45	570.42	-835.19	-40.85
	3	-16.43	-3.29	-1250.40	1240.56	-1260.28	-45.15
	cg	3.40	17.02	-57.79	68.40	-47.97	-48.36
element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	9	1756.91	21.60	620.34	1955.86	-177.35	-72.22
	17	-1825.62	-365.12	1279.07	377.48	-2568.22	-30.14
	19	-16.43	-3.29	1250.40	1240.56	-1260.28	-44.85
	11	-30.99	-233.79	695.45	570.42	-835.19	-49.15
	cg	3.40	17.02	57.79	68.40	-47.97	-41.64
element	3	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	3	-16.43	-3.29	-1250.40	1240.56	-1260.28	-45.15
	11	18.81	15.20	-695.45	712.46	-678.45	-44.93
	13	-1789.69	-243.50	-662.00	1.20	-2034.40	-69.71
	5	1813.53	362.71	-1273.37	2553.62	-377.38	-30.17
	cg	-11.07	-55.37	-56.40	27.37	-93.82	-34.28
element	4	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	11	18.81	15.20	695.45	712.46	-678.45	-45.07
	19	-16.43	-3.29	1250.40	1240.56	-1260.28	-44.85
	21	1813.53	362.71	1273.37	2553.62	-377.38	-59.83
	13	-1789.69	-243.50	662.00	1.20	-2034.40	-20.29
	cg	-11.07	-55.37	56.40	27.37	-93.82	-55.72



RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA POUTRE BIENCASTREE

CAS NO.3 : 8 ELEMENTS , 43 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	-.47723e-16	-.16288e-16
2	-.10534e-17	-.22977e-16
3	.48058e-16	-.18335e-16
4	-.33859e-03	-.31276e-03
5	.33830e-03	-.32223e-03
6	-.55080e-03	-.77374e-03
7	-.13658e-05	-.74233e-03
8	.55176e-03	-.79828e-03
9	-.64444e-03	-.12792e-02
10	.64429e-03	-.12943e-02
11	-.63824e-03	-.17802e-02
12	-.44748e-06	-.18014e-02
13	.63707e-03	-.18063e-02
14	-.54758e-03	-.22420e-02
15	.54676e-03	-.22567e-02
16	-.39903e-03	-.25966e-02
17	-.24164e-06	-.26326e-02
18	.39853e-03	-.26224e-02
19	-.20933e-03	-.28270e-02
20	.20908e-03	-.28417e-02
21	-.14390e-16	-.29004e-02
22	-.13583e-16	-.29439e-02
23	-.14850e-16	-.29262e-02
24	.20933e-03	-.28270e-02
25	-.20908e-03	-.28417e-02
26	.39903e-03	-.25966e-02
27	.24164e-06	-.26326e-02
28	-.39853e-03	-.26224e-02
29	.54758e-03	-.22420e-02
30	-.54676e-03	-.22567e-02
31	.63824e-03	-.17802e-02
32	.44748e-06	-.18014e-02
33	-.63707e-03	-.18063e-02
34	.64444e-03	-.12792e-02
35	-.64429e-03	-.12943e-02
36	.55080e-03	-.77374e-03
37	.13658e-05	-.74233e-03
38	-.55176e-03	-.79828e-03
39	.33859e-03	-.31276e-03
40	-.33830e-03	-.32223e-03
41	.47723e-16	-.16288e-16
42	.10534e-17	-.22977e-16
43	-.48058e-16	-.18335e-16

contraintes---chargement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-3515.59	-703.12	-835.27	-473.76	-3744.95	-74.65
	6	-1221.79	149.88	-674.95	426.30	-1498.21	-67.73
	8	1212.54	-280.60	-721.41	1504.14	-572.20	-22.01
	3	3506.35	701.27	-858.60	3748.29	459.33	-15.74
	cg	-11.15	-27.09	-558.72	539.66	-577.90	-44.59

element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	6	-1174.04	159.43	-579.36	375.97	-1390.59	-69.51
	11	458.88	-62.74	-349.84	634.43	-238.29	-26.65
	13	-495.91	-81.87	-425.92	184.68	-762.46	-57.96
	8	1137.02	-295.71	-493.91	1290.78	-449.47	-17.29
	cg	-4.21	-40.33	-443.87	421.97	-466.51	-43.84

element	3	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	11	507.80	-52.96	-408.62	722.98	-268.14	-27.77
	16	1488.63	-11.96	-181.08	1510.17	-33.50	-6.78
	18	-1514.07	-128.69	-259.94	-81.52	-1561.24	-79.72
	13	-533.24	-89.34	-329.91	86.33	-708.91	-61.97
	cg	-7.11	-39.85	-257.56	234.60	-281.55	-43.18

element	4	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	16	1509.50	-7.78	-208.97	1537.76	-36.04	-7.70
	21	1836.27	-22.45	18.16	1836.45	-22.63	-89.44
	23	-1862.36	-118.38	-60.26	-116.30	-1864.44	-88.02
	18	-1535.60	-133.00	-130.62	-120.94	-1547.66	-84.72
	cg	-6.94	-39.78	-87.29	65.46	-112.18	-39.67

element	5	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	21	1836.27	-22.45	-18.16	1836.45	-22.63	-.56
	26	1509.50	-7.78	208.97	1537.76	-36.04	-82.30
	28	-1535.60	-133.00	130.62	-120.94	-1547.66	-5.28
	23	-1862.36	-118.38	60.26	-116.30	-1864.44	-1.98
	cg	-6.94	-39.78	87.29	65.46	-112.18	-50.33

element	6	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	26	1488.63	-11.96	181.08	1510.17	-33.50	-83.22
	31	507.80	-52.96	408.62	722.98	-268.14	-62.23
	33	-533.24	-89.34	329.91	86.33	-708.91	-28.03
	28	-1514.07	-128.69	259.94	-81.52	-1561.24	-10.28

	cg	-7.11	-39.85	257.56	234.60	-281.55	-46.82
element	7	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	31	458.88	-62.74	349.84	634.43	-238.29	-63.35
	36	-1174.04	159.43	579.36	375.97	-1390.59	-20.49
	38	1137.02	-295.71	493.91	1290.78	-449.47	-72.71
	33	-495.91	-81.87	425.92	184.68	-762.46	-32.04
	cg	-4.21	-40.33	443.87	421.97	-466.51	-46.16
element	8	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	36	-1221.79	149.88	674.95	426.30	-1498.21	-22.27
	41	-3515.59	-703.12	835.27	-473.76	-3744.95	-15.35
	43	3506.35	701.27	858.60	3748.29	459.33	-74.26
	38	1212.54	-280.60	721.41	1504.14	-572.20	-67.99
	cg	-11.15	-27.09	558.72	539.66	-577.90	-45.41

RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA POUTRE BIENCASTREE

CAS NO.4 : 16 ELEMENTS , 69 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	-.31023e-16	-.10813e-16
2	-.33709e-16	-.10973e-16
3	-.12651e-18	-.11953e-16
4	.32689e-16	-.11272e-16
5	.31446e-16	-.12590e-16
6	-.36579e-03	-.32802e-03
7	-.20030e-05	-.29869e-03
8	.36752e-03	-.33785e-03
9	-.60607e-03	-.79974e-03
10	-.25035e-03	-.78161e-03
11	-.76515e-06	-.78708e-03
12	.24855e-03	-.79407e-03
13	.60624e-03	-.82528e-03
14	-.68388e-03	-.13424e-02
15	-.62020e-06	-.13344e-02
16	.68333e-03	-.13574e-02
17	-.66438e-03	-.18707e-02
18	-.30555e-03	-.18777e-02
19	-.56742e-06	-.18788e-02
20	.30472e-03	-.18908e-02
21	.66334e-03	-.18966e-02
22	-.56795e-03	-.23416e-02
23	-.35836e-06	-.23629e-02
24	.56716e-03	-.23562e-02
25	-.41323e-03	-.27106e-02
26	-.19240e-03	-.27303e-02
27	-.20732e-06	-.27383e-02
28	.19192e-03	-.27432e-02
29	.41279e-03	-.27364e-02
30	-.21638e-03	-.29437e-02
31	-.11009e-06	-.29774e-02
32	.21618e-03	-.29583e-02
33	-.32385e-16	-.30236e-02
34	-.29544e-16	-.30488e-02
35	-.29890e-16	-.30577e-02
36	-.30106e-16	-.30617e-02
37	-.30043e-16	-.30495e-02
38	.21638e-03	-.29437e-02
39	.11009e-06	-.29774e-02
40	-.21618e-03	-.29583e-02
41	.41323e-03	-.27106e-02
42	.19240e-03	-.27303e-02
43	.20732e-06	-.27383e-02
44	-.19192e-03	-.27432e-02

45	- .41279e-03	- .27364e-02
46	.56795e-03	- .23416e-02
47	.35836e-06	- .23629e-02
48	- .56716e-03	- .23562e-02
49	.66438e-03	- .18707e-02
50	.30555e-03	- .18777e-02
51	.56742e-06	- .18788e-02
52	- .30472e-03	- .18908e-02
53	- .66334e-03	- .18966e-02
54	.68388e-03	- .13424e-02
55	.62020e-06	- .13344e-02
56	- .68333e-03	- .13574e-02
57	.60607e-03	- .79974e-03
58	.25035e-03	- .78161e-03
59	.76515e-06	- .78708e-03
60	- .24855e-03	- .79407e-03
61	- .60624e-03	- .82528e-03
62	.36579e-03	- .32802e-03
63	.20030e-05	- .29869e-03
64	- .36752e-03	- .33785e-03
65	.31023e-16	- .10813e-16
66	.33709e-16	- .10973e-16
67	.12651e-18	- .11953e-16
68	- .32689e-16	- .11272e-16
69	- .31446e-16	- .12590e-16

contraintes---chargement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-3749.72	-749.94	-896.62	-502.38	-3997.28	-74.56
	9	-1487.92	16.79	-114.05	25.38	-1496.51	-85.69
	11	-12.79	-183.98	-1181.59	1086.31	-1283.07	-42.93
	3	-31.70	-6.34	-713.42	694.51	-732.55	-45.51
	cg	-1063.20	-58.62	-572.04	200.35	-1322.18	-65.64

element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	9	-1041.05	106.16	-135.84	122.02	-1056.92	-83.34
	17	574.53	10.24	-136.33	605.74	-20.97	-12.90
	19	4.19	20.65	-683.84	696.31	-671.47	-45.34
	11	-36.12	-188.64	-1060.75	951.10	-1175.87	-42.94
	cg	-232.73	-4.49	-423.50	320.00	-557.22	-52.54

element	3	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	17	566.94	8.73	-138.56	599.45	-23.77	-13.20
	25	1552.85	41.91	-84.68	1557.58	37.17	-3.20
	27	-3.67	-23.49	-345.53	332.09	-359.26	-44.18
	19	6.21	21.05	-668.31	681.99	-654.72	-45.32
	cg	471.66	-17.86	-250.51	577.14	-123.33	-22.83

element	4	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	25	1580.96	47.53	-54.86	1582.92	45.57	-2.05
	33	1906.10	32.10	-11.99	1906.18	32.02	-.37
	35	-.74	-8.58	-3.26	.44	-9.75	-19.85
	27	-3.95	-23.55	-336.22	322.62	-350.11	-44.17
	cg	804.86	-16.09	-84.18	813.40	-24.63	-5.79

element	5	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	33	1906.10	32.10	11.99	1906.18	32.02	-89.63
	41	1580.96	47.53	54.86	1582.92	45.57	-87.95
	43	-3.95	-23.55	336.22	322.62	-350.11	-45.83
	35	-.74	-8.58	3.26	.44	-9.75	-70.15
	cg	804.86	-16.09	84.18	813.40	-24.63	-84.21

element	6	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	41	1552.85	41.91	84.68	1557.58	37.17	-86.80
	49	566.94	8.73	138.56	599.45	-23.77	-76.80
	51	6.21	21.05	668.31	681.99	-654.72	-44.68
	43	-3.67	-23.49	345.53	332.09	-359.26	-45.82

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 23

	cg	471.66	-17.86	250.51	577.14	-123.33	-67.17
element	7	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	49	574.53	10.24	136.33	605.74	-20.97	-77.10
	57	-1041.05	106.16	135.84	122.02	-1056.92	-6.66
	59	-36.12	-188.64	1060.75	951.10	-1175.87	-47.06
	51	4.19	20.65	683.84	696.31	-671.47	-44.66
	cg	-232.73	-4.49	423.50	320.00	-557.22	-37.46
element	8	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	57	-1487.92	16.79	114.05	25.38	-1496.51	-4.31
	65	-3749.72	-749.94	896.62	-502.38	-3997.28	-15.44
	67	-31.70	-6.34	713.42	694.51	-732.55	-44.49
	59	-12.79	-183.98	1181.59	1086.31	-1283.07	-47.07
	cg	-1063.20	-58.62	572.04	200.35	-1322.18	-24.36
element	9	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	3	-31.70	-6.34	-713.42	694.51	-732.55	-45.51
	11	36.20	60.96	-1187.73	1236.38	-1139.21	-45.30
	13	1430.63	-168.67	-165.76	1447.64	-185.67	-5.86
	5	3779.26	755.85	-920.69	4037.56	497.55	-15.67
	cg	1044.56	3.32	-581.30	1304.30	-256.41	-24.08
element	10	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	11	12.86	56.29	-1066.89	1101.68	-1032.53	-45.58
	19	-32.97	-165.14	-681.41	585.55	-783.66	-42.23
	21	-605.66	-150.22	-214.48	-65.11	-690.76	-68.36
	13	1004.39	-253.92	-47.60	1006.19	-255.71	-2.16
	cg	220.60	-76.56	-423.10	520.46	-376.41	-35.33
element	11	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	19	-30.95	-164.74	-665.88	571.39	-767.08	-42.13
	27	-22.32	-116.71	-346.01	279.70	-418.73	-41.12
	29	-1577.67	-182.96	-162.99	-164.16	-1596.47	-83.42
	21	-593.02	-147.69	-61.46	-139.36	-601.35	-82.28
	cg	-486.07	-61.73	-250.31	54.23	-602.03	-65.14
element	12	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	27	-22.59	-116.77	-336.70	270.30	-409.65	-41.02
	35	-25.52	-132.51	-3.26	-25.42	-132.61	-1.74
	37	-1932.60	-172.80	-90.40	-168.17	-1937.23	-87.07
	29	-1607.19	-188.86	23.87	-188.46	-1607.59	-.96
	cg	-818.78	-63.49	-84.22	-54.21	-828.06	-83.71

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 24

element	13	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	35	-25.52	-132.51	3.26	-25.42	-132.61	-88.26
	43	-22.59	-116.77	336.70	270.30	-409.65	-48.98
	45	-1607.19	-188.86	-23.87	-188.46	-1607.59	-89.04
	37	-1932.60	-172.80	90.40	-168.17	-1937.23	-2.93
	cg	-818.78	-63.49	84.22	-54.21	-828.06	-6.29

element	14	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	43	-22.32	-116.71	346.01	279.70	-418.73	-48.88
	51	-30.95	-164.74	665.88	571.39	-767.08	-47.87
	53	-593.02	-147.69	61.46	-139.36	-601.35	-7.72
	45	-1577.67	-182.96	162.99	-164.16	-1596.47	-6.58
	cg	-486.07	-61.73	250.31	54.23	-602.03	-24.86

element	15	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	51	-32.97	-165.14	681.41	585.55	-783.66	-47.77
	59	12.86	56.29	1066.89	1101.68	-1032.53	-44.42
	61	1004.39	-253.92	47.60	1006.19	-255.71	-87.84
	53	-605.66	-150.22	214.48	-65.11	-690.76	-21.64
	cg	220.60	-76.56	423.10	520.46	-376.41	-54.67

element	16	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	59	36.20	60.96	1187.73	1236.38	-1139.21	-44.70
	67	-31.70	-6.34	713.42	694.51	-732.55	-44.49
	69	3779.26	755.85	920.69	4037.56	497.55	-74.33
	61	1430.63	-168.67	165.76	1447.64	-185.67	-84.14
	cg	1044.56	3.32	581.30	1304.30	-256.41	-65.92



23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 25

RESULTATS DE L'ANALYSE DU MUR FACADECAS NO. 1: 34 ELEMENTS , 144 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	- .61106e-20	- .24319e-19
2	.26638e-20	- .70996e-19
3	.41480e-20	- .48700e-19
4	.51356e-20	- .73593e-19
5	- .85602e-20	- .18607e-19
6	- .29240e-19	- .82355e-19
7	- .14539e-19	- .68008e-19
8	- .10092e-19	- .15373e-18
9	.87119e-20	- .50358e-19
10	.19578e-19	- .36563e-19
11	- .25418e-20	.10232e-20
12	.14999e-20	- .51928e-20
13	.11548e-20	- .13073e-20
14	- .27544e-21	- .27494e-07
15	.18902e-06	- .30808e-06
16	.53229e-06	- .26313e-05
17	- .10674e-05	- .23448e-05
18	- .56566e-06	- .61591e-06
19	.15302e-06	- .22416e-05
20	- .74098e-06	- .33985e-05
21	- .13422e-05	- .69190e-05
22	- .70156e-06	- .58318e-05
23	- .37894e-06	- .44638e-05
24	- .31517e-06	- .16722e-05
25	- .10585e-05	- .94244e-06
26	- .15788e-05	- .23472e-05
27	- .13255e-05	- .47343e-05
28	- .70002e-06	- .65980e-05
29	- .12033e-06	- .54881e-05
30	- .25500e-06	- .10193e-05
31	- .12403e-06	- .24341e-06
32	- .88972e-07	- .90145e-07
33	.57489e-21	- .12134e-06
34	.94726e-06	- .10731e-04
35	- .13331e-05	- .73318e-05
36	- .13560e-05	- .12015e-05
37	- .12644e-05	- .66327e-05
38	- .24318e-05	- .10798e-04
39	- .44958e-05	- .15036e-04
40	- .36582e-05	- .11960e-04
41	- .29771e-05	- .87199e-05
42	- .21656e-05	- .26320e-05
43	- .14597e-05	- .12076e-05
44	- .13744e-05	- .40706e-05

45	- .61302e-06	- .10136e-04
46	.82802e-06	- .13625e-04
47	.24843e-05	- .15864e-04
48	.42380e-05	- .19680e-04
49	.69392e-06	- .13265e-04
50	- .16030e-05	- .17415e-05
51	- .59000e-05	- .10872e-04
52	- .78433e-05	- .19290e-04
53	- .12635e-04	- .23540e-04
54	- .11736e-04	- .18921e-04
55	- .10583e-04	- .13111e-04
56	- .56956e-05	- .29173e-05
57	- .12204e-05	- .22035e-05
58	.21814e-05	- .45262e-05
59	.34149e-05	- .16522e-04
60	.41511e-05	- .21921e-04
61	.52150e-05	- .23263e-04
62	.59851e-05	- .26358e-04
63	.37268e-05	- .23193e-04
64	- .16030e-04	- .18829e-04
65	- .17502e-04	- .26047e-04
66	- .20519e-04	- .27572e-04
67	- .20241e-04	- .26628e-04
68	- .19239e-04	- .25318e-04
69	.38949e-05	- .29537e-04
70	.49312e-05	- .30333e-04
71	.52349e-05	- .29622e-04
72	.35459e-05	- .34163e-04
73	.40229e-05	- .36577e-04
74	- .19597e-04	- .33009e-04
75	- .20710e-04	- .28352e-04
76	- .16647e-04	- .28207e-04
77	- .16759e-04	- .33651e-04
78	- .16499e-04	- .41378e-0x
79	- .14881e-04	- .57020e-04
80	- .11253e-04	- .66705e-04
81	- .63605e-05	- .72107e-04
82	- .11710e-05	- .73160e-04
83	.35271e-05	- .70205e-04
84	.68156e-05	- .63410e-04
85	.71900e-05	- .54973e-04
86	.51269e-05	- .43072e-04
87	.27216e-05	- .37060e-04
88	- .21351e-06	- .38780e-04
89	- .34373e-05	- .47686e-04
90	- .39899e-05	- .53626e-04
91	- .23821e-05	- .57390e-04
92	- .11023e-19	- .58620e-04
93	- .16437e-19	- .58937e-04
94	- .71809e-06	- .53637e-04
95	.60201e-06	- .41372e-04
96	.13076e-05	- .46484e-04
97	.12306e-05	- .63563e-04
98	- .16251e-05	- .73813e-04
99	- .57651e-05	- .67110e-04
100	- .82161e-05	- .44683e-04

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 27

101	- .10140e-04	- .29314e-04
102	- .23492e-05	- .30613e-04
103	- .21000e-05	- .38739e-04
104	- .15439e-05	- .47139e-04
105	- .11852e-05	- .58349e-04
106	- .15057e-05	- .67722e-04
107	- .16110e-05	- .73126e-04
108	- .17328e-05	- .74036e-04
109	- .18155e-05	- .70988e-04
110	- .19021e-05	- .64221e-04
111	- .21817e-05	- .56627e-04
112	- .15184e-05	- .49291e-04
113	- .22421e-06	- .41627e-04
114	.75551e-06	- .43736e-04
115	.12068e-05	- .48739e-04
116	.64976e-06	- .54128e-04
117	.34061e-06	- .57858e-04
118	.57288e-20	- .59031e-04
119	.28842e-19	- .59921e-04
120	.21893e-05	- .55011e-04
121	.13876e-05	- .45776e-04
122	- .45989e-05	- .51466e-04
123	- .51365e-05	- .65120e-04
124	- .17557e-05	- .74900e-04
125	.27564e-05	- .68464e-04
126	.51206e-05	- .48871e-04
127	.51728e-05	- .32473e-04
128	.12184e-04	- .34016e-04
129	.12836e-04	- .40821e-04
130	.12837e-04	- .50145e-04
131	.11078e-04	- .59425e-04
132	.78795e-05	- .69170e-04
133	.29498e-05	- .73401e-04
134	- .22534e-05	- .75550e-04
135	- .67595e-05	- .71429e-04
136	- .98129e-05	- .66083e-04
137	- .10242e-04	- .58652e-04
138	- .93202e-05	- .53351e-04
139	- .30290e-05	- .44091e-04
140	.35179e-05	- .47675e-04
141	.48857e-05	- .50527e-04
142	.48227e-05	- .56052e-04
143	.27830e-05	- .58519e-04
144	.20782e-19	- .60780e-04

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 28

contraintes---chargement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-58.41	-292.03	-28.38	-55.01	-295.43	-6.83
	3	-39.40	-196.98	17.34	-37.51	-198.87	-83.79
	23	-24.40	-190.74	22.19	-21.49	-193.65	-82.53
	21	7.29	-299.39	14.54	7.97	-300.08	-87.29
	cg	-11.92	-247.32	7.97	-11.65	-247.59	-88.06

element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	3	-39.40	-196.98	17.34	-37.51	-198.87	-83.79
	5	-13.31	-66.55	-21.07	-5.98	-73.88	-19.18
	25	-43.32	-23.94	-20.19	-11.23	-56.03	-57.82
	23	-22.36	-190.33	22.91	-19.30	-193.40	-82.37
	cg	-27.21	-75.67	5.86	-26.51	-76.37	-83.20

element	3	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	5	-13.31	-66.55	-21.07	-5.98	-73.88	-19.18
	7	-40.64	-203.21	-51.52	-25.69	-218.16	-16.18
	27	-17.85	-206.17	-38.67	-10.22	-213.80	-11.16
	25	-37.69	-22.81	-29.88	.54	-61.05	-51.99
	cg	-30.08	-104.60	-40.78	-12.10	-122.58	-23.79

element	4	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	7	-40.64	-203.21	-51.52	-25.69	-218.16	-16.18
	9	-44.07	-220.37	39.37	-35.68	-228.76	-77.97
	29	-27.61	-254.97	1.86	-27.59	-254.98	-89.53
	27	-13.84	-205.37	-53.50	.09	-219.30	-14.60
	cg	-22.74	-281.66	-14.76	-21.90	-282.50	-3.25

element	5	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	9	-44.07	-220.37	39.37	-35.68	-228.76	-77.97
	11	-8.65	-43.26	15.40	-2.79	-49.13	-69.17
	31	23.63	25.81	-50.97	75.70	-26.26	-45.61
	29	-71.47	-263.74	140.62	2.73	-337.95	-62.18
	cg	-21.43	-47.10	29.42	-2.17	-66.36	-56.78

element	6	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	11	-8.65	-43.26	15.40	-2.79	-49.13	-69.17
	13	.10	.50	.00	.50	.10	.00
	33	6.23	-9.42	-3.60	7.02	-10.21	-12.35
	31	4.98	22.08	-12.58	28.75	-1.68	-62.10

cg	-7.68	-5.32	2.53	-3.71	-9.30	-32.53
element 7	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
21	5.20	-309.81	12.05	5.66	-310.27	-87.81
23	-24.35	-190.49	36.28	-16.78	-198.06	-78.20
41	16.94	-168.50	41.87	25.96	-177.52	-77.85
39	2.86	-370.37	15.47	3.50	-371.01	-87.63
cg	-2.55	-257.90	21.16	-.81	-259.64	-85.29

element 8	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
23	-22.31	-190.08	37.00	-14.52	-197.88	-78.10
25	-46.89	-41.76	-18.02	-26.12	-62.53	-49.05
43	24.97	15.11	-12.94	33.88	6.19	-34.57
41	-5.56	-173.00	43.46	5.05	-183.61	-76.28
cg	-10.00	-42.31	5.64	-9.05	-43.27	-80.38

element 9	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
25	-41.26	-40.64	-27.71	-13.24	-68.66	-45.32
27	-19.29	-213.35	-56.80	-3.88	-228.75	-15.17
45	-9.07	-246.11	-78.73	14.70	-269.88	-16.80
43	-7.51	8.61	-19.44	21.59	-20.49	-56.26
cg	-14.64	-75.31	-43.07	7.70	-97.65	-27.4x

element 10	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
27	-15.28	-212.55	-71.64	7.99	-235.82	-18.00
29	-68.35	-458.68	74.59	-54.58	-472.45	-79.54
47	-11.69	-428.87	33.77	-8.97	-431.58	-85.40
45	7.44	-242.81	-34.04	11.99	-247.35	-7.61
cg	-11.60	-297.45	-3.00	-11.57	-297.48	-.60

element 11	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
39	5.64	-356.49	12.87	6.09	-356.95	-87.97
41	15.86	-173.89	44.78	25.90	-183.93	-77.37
55	71.99	-177.41	29.48	75.43	-180.84	-83.35
53	-6.77	-358.12	-52.13	.80	-365.70	-8.26
cg	24.11	-287.54	5.97	24.22	-287.66	-88.90

element 12	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
41	-6.64	-178.39	46.37	5.08	-190.11	-75.82
43	12.89	-45.29	-26.92	23.43	-55.84	-21.39
57	141.96	-7.40	-33.77	149.24	-14.68	-12.17
55	138.32	-164.14	14.37	139.00	-164.82	-87.29
cg	72.70	2.56	2.14	72.77	2.49	-88.26

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 30

element	13	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	43	-19.58	-51.78	-33.42	1.41	-72.78	-32.14
	45	-11.81	-259.82	-95.68	20.81	-292.44	-18.83
	59	-52.42	-289.38	-136.15	9.59	-351.39	-24.49
	57	163.20	-3.15	60.85	183.08	-23.04	-71.91
	cg	39.71	-11.19	-25.46	50.25	-21.74	-22.50

element	14	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	45	4.70	-256.52	-50.99	14.30	-266.12	-10.66
	47	8.34	-328.72	46.73	14.70	-335.08	-82.25
	61	-6.96	-292.60	32.60	-3.29	-296.27	-83.57
	59	-33.06	-285.51	-10.00	-32.66	-285.90	-2.26
	cg	4.94	-347.44	2.02	4.95	-347.45	-89.67

element	15	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	53	15.08	-248.87	-61.89	28.87	-262.66	-12.56
	55	18.64	-444.14	-5.60	18.71	-444.20	-.69
	68	-.93	-577.65	-20.85	-.18	-578.41	-2.07
	66	-25.41	-91.85	-46.65	-1.36	-115.90	-27.27
	cg	-3.04	-324.31	-22.51	-1.47	-325.88	-3.99

element	16	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	59	-94.56	-593.00	-116.55	-68.65	-618.91	-12.53
	61	1.04	-252.62	65.56	16.98	-268.56	-76.33
	71	-61.35	-293.59	-27.25	-58.20	-296.74	-6.60
	69	-46.79	-528.53	-23.75	-45.63	-529.70	-2.82
	cg	-24.20	-358.15	-14.05	-23.61	-358.74	-2.40

element	17	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	66	-29.07	-110.19	-54.56	-1.65	-137.62	-26.69
	68	-9.30	-619.49	-20.75	-8.59	-620.19	-1.95
	78	-113.30	-754.07	-141.39	-83.49	-783.88	-11.91
	76	-15.49	47.89	66.08	89.49	-57.09	-32.19
	cg	-12.75	-297.52	-20.56	-11.28	-299.00	-4.11

element	18	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	69	-66.60	-627.54	-39.72	-63.80	-630.34	-4.03
	71	-81.54	-394.55	2.74	-81.52	-394.57	-89.50
	88	-221.46	-435.30	-265.56	-42.10	-614.66	-34.03
	86	-202.56	-563.29	228.59	-91.75	-674.10	-64.14
	cg	-69.30	-296.41	-17.55	-67.95	-297.76	-4.39

element	19	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
---------	----	---------	---------	----------	---------	---------	-------

76	-43.81	-93.71	54.67	-8.67	-128.85	-57.27
78	-26.19	-318.53	7.71	-25.99	-318.73	-88.49
104	26.51	-165.40	-93.44	64.49	-203.38	-22.12
102	-16.01	-120.29	15.49	-13.75	-122.54	-81.73
cg	39.65	-205.76	-12.42	40.27	-206.39	-2.89

element	20	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
78		-22.45	-317.78	-203.33	81.17	-421.41	-27.01
80		319.07	38.40	25.80	321.43	36.05	-84.79
106		-58.71	-71.76	-109.15	44.11	-174.58	-43.29
104		13.31	-168.04	-134.22	84.62	-239.34	-27.98
cg		74.16	-40.98	-74.30	110.58	-77.41	-26.12

element	21	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
80		326.78	39.94	1.41	326.79	39.93	-89.72
82		358.45	-1.32	9.47	358.70	-1.57	-88.49
108		-9.22	-2.40	39.76	34.09	-45.71	-42.55
106		-19.30	-63.88	-86.67	47.90	-131.08	-37.79
cg		135.98	-15.60	-10.73	136.74	-16.36	-4.03

element	22	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
82		362.99	-.41	7.00	363.13	-.55	-88.90
84		182.61	44.96	5.64	182.85	44.73	-87.66
110		-22.15	-80.98	174.80	125.69	-228.83	-49.78
108		-5.77	-1.71	35.56	31.87	-39.36	-43.37
cg		93.10	-14.25	50.01	112.79	-33.94	-68.51

element	23	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
84		134.53	35.34	-14.83	136.70	33.17	-8.33
86		-338.47	-379.59	303.32	-55.02	-663.05	-46.94
112		50.71	-200.35	158.67	127.50	-277.14	-64.18
110		-78.54	-92.26	190.74	105.46	-276.26	-46.03
cg		-11.27	-71.73	120.65	82.88	-165.87	-52.03

element	24	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
86		-158.62	-343.62	21.80	-156.09	-346.16	-83.37
88		-187.35	-264.77	-57.62	-156.65	-295.48	-28.05
114		-3.39	-189.69	-128.64	62.29	-255.37	-27.05
112		19.65	-206.57	138.12	85.07	-271.98	-64.66
cg		-55.39	-202.87	-6.82	-55.08	-203.19	-2.64

element	25	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
88		-379.82	-303.26	-262.89	-75.88	-607.20	-49.14

90	61.14	31.60	17.82	69.52	23.22	-64.82
116	-90.21	-79.58	-148.30	63.50	-233.29	-46.03
114	30.30	-182.95	-146.47	104.84	-257.49	-26.97
cg	-57.34	-55.67	-97.59	41.09	-154.09	-45.25

element 26      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

90	93.04	37.98	1.09	93.06	37.96	-88.87
92	194.43	2.91	1.10	194.44	2.90	-89.67
118	-25.69	-3.72	3.08	-3.29	-26.11	-7.84
116	-34.21	-68.38	-131.53	81.34	-183.93	-41.30
cg	22.09	-15.24	-29.65	38.46	-31.61	-28.91

element 27      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

102	-26.96	-175.04	-7.45	-26.58	-175.41	-2.87
104	27.76	-159.18	-83.93	59.91	-191.33	-20.96
130	-46.67	-97.11	-81.98	13.88	-157.67	-36.45
128	61.25	-104.03	42.40	71.50	-114.27	-76.42
cg	-20.50	-91.53	-25.59	-12.24	-99.79	-17.89

element 28      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

104	14.56	-161.82	-124.72	79.12	-226.38	-27.37
106	-59.49	-75.69	-102.63	35.36	-170.54	-42.74
132	-286.40	-115.16	-85.02	-80.12	-321.45	-67.60
130	-90.94	-105.97	35.18	-62.49	-134.42	-51.03
cg	-92.16	-63.62	-59.68	-16.53	-139.25	-51.72

element 29      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

106	-20.09	-67.81	-80.15	39.68	-127.58	-36.71
108	-26.11	-86.87	44.98	-2.22	-110.76	-62.02
134	-383.30	-122.24	-56.76	-110.44	-395.10	-78.25
132	-347.57	-127.39	46.77	-117.87	-357.09	-11.51
cg	-160.33	-43.62	-10.30	-42.72	-161.23	-85.00

element 30      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

108	-22.66	-86.18	40.78	-2.74	-106.11	-63.96
110	-21.39	-77.18	153.57	106.80	-205.37	-50.15
136	-180.28	-119.50	-22.07	-112.34	-187.45	-72.01
134	-375.76	-120.74	72.52	-101.56	-394.95	-14.81
cg	-122.19	-42.95	50.40	-18.46	-146.67	-25.91

element 31      sigma-x      sigma-y      sigma-xy      maximum      minimum      angle

110	-77.78	-88.46	169.50	86.47	-252.71	-45.90
112	53.98	-184.02	161.09	135.26	-265.30	-63.23
138	102.61	-125.71	-52.74	114.20	-137.30	-12.40



23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 33

	136	-109.40	-105.33	94.25	-13.09	-201.63	-44.38
	cg	4.68	-84.15	86.53	57.52	-136.99	-58.58
element	32	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	112	22.92	-190.23	140.55	92.73	-260.04	-63.59
	114	-.96	-177.50	-126.53	65.05	-243.51	-27.55
	140	260.02	-101.59	-74.34	274.70	-116.28	-11.17
	138	239.18	-98.39	80.48	257.39	-116.60	-77.25
	cg	109.39	-81.62	.70	109.39	-81.63	-89.79
element	33	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	114	32.74	-170.76	-144.35	107.59	-245.62	-27.41
	116	-91.46	-85.87	-128.11	39.48	-216.81	-45.63
	142	-76.34	-109.26	-88.81	-2.48	-183.12	-39.75
	140	119.91	-129.62	56.59	132.14	-141.85	-77.80
	cg	13.58	-72.40	-70.30	52.99	-111.82	-29.28
element	34	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	116	-35.47	-74.67	-111.34	57.98	-168.12	-40.01
	118	-41.84	-84.47	3.08	-41.62	-84.69	-85.89
	144	-244.77	-119.72	-62.95	-93.51	-270.97	-67.40
	142	-141.22	-122.23	36.37	-94.14	-169.31	-37.69
	cg	-85.60	-44.84	-28.86	-29.89	-100.55	-62.61

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 34

RESULTATS DE L'ANALYSE DU MUR FACADECAS NO.2 : 42 ELEMENTS , 170 NOEUDS

deplacements---chargement 1

noeud déplacement-x déplacement-y

1	-.55159e-20	-.21396e-19
2	.14027e-20	-.61530e-19
3	.25401e-20	-.42730e-19
4	.11567e-21	-.70600e-19
5	-.10527e-19	-.22117e-19
6	-.33562e-19	-.91202e-19
7	-.16628e-19	-.72928e-19
8	-.11839e-19	-.15829e-18
9	.84486e-20	-.49882e-19
10	.18255e-19	-.35364e-19
11	-.24995e-20	.12120e-20
12	.12550e-20	-.49113e-20
13	.10653e-20	-.12718e-20
14	-.43605e-21	-.29864e-07
15	.14935e-06	-.29116e-06
16	.44985e-06	-.25882e-05
17	-.12424e-05	-.25099e-05
18	-.70629e-06	-.70928e-06
19	.34230e-07	-.19555e-05
20	-.71527e-06	-.29409e-05
21	-.12820e-05	-.59240e-05
22	-.74432e-06	-.50023e-05
23	-.47918e-06	-.38937e-05
24	-.47071e-06	-.16121e-05
25	-.12708e-05	-.11188e-05
26	-.19074e-05	-.26356e-05
27	-.17237e-05	-.50721e-05
28	-.10434e-05	-.68312e-05
29	-.36716e-06	-.54150e-05
30	-.36388e-06	-.97695e-06
31	-.14851e-06	-.22822e-06
32	-.96675e-07	-.92519e-07
33	.44454e-21	-.12379e-06
34	.29786e-06	-.10603e-04
35	-.19750e-05	-.78429e-05
36	-.15814e-05	-.14246e-05
37	-.12257e-05	-.57631e-05
38	-.22096e-05	-.91434e-05
39	-.38655e-05	-.12609e-04
40	-.31895e-05	-.10170e-04
41	-.26199e-05	-.75839e-05
42	-.19966e-05	-.25489e-05
43	-.16334e-05	-.14402e-05
44	-.19985e-05	-.45619e-05

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 35

45	-- .15486e-05	-- .10794e-04
46	-- .30449e-06	-- .14160e-04
47	.12955e-05	-- .15751e-04
48	.24554e-05	-- .19839e-04
49	-- .67478e-06	-- .14095e-04
50	-- .17026e-05	-- .19628e-05
51	-- .48844e-05	-- .94882e-05
52	-- .65043e-05	-- .16030e-04
53	-- .10092e-04	-- .19418e-04
54	-- .94374e-05	-- .16003e-04
55	-- .85954e-05	-- .11463e-04
56	-- .48612e-05	-- .27890e-05
57	-- .12487e-05	-- .23834e-05
58	.15376e-05	-- .49866e-05
59	.15718e-05	-- .17423e-04
60	.17883e-05	-- .22721e-04
61	.27417e-05	-- .23867e-04
62	.31531e-05	-- .27839e-04
63	.81584e-06	-- .24073e-04
64	-- .12334e-04	-- .16491e-04
65	-- .13544e-04	-- .21426e-04
66	-- .15337e-04	-- .22876e-04
67	-- .15066e-04	-- .22488e-04
68	-- .14241e-04	-- .21903e-04
69	.93927e-07	-- .29948e-04
70	.12821e-05	-- .31498e-04
71	.25614e-05	-- .32516e-04
72	.11760e-05	-- .37509e-04
73	-- .50439e-06	-- .34671e-04
74	-- .14009e-04	-- .27913e-04
75	-- .15006e-04	-- .23899e-04
76	-- .11770e-04	-- .24415e-04
77	-- .11653e-04	-- .28483e-04
78	-- .11286e-04	-- .34236e-04
79	-- .97538e-05	-- .45804e-04
80	-- .63083e-05	-- .51648e-04
81	-- .26097e-05	-- .54282e-04
82	.74985e-06	-- .53402e-04
83	.30841e-05	-- .49334e-04
84	.22047e-05	-- .40889e-04
85	.11134e-05	-- .42089e-04
86	.87263e-06	-- .38527e-04
87	.52217e-06	-- .40244e-04
88	-- .17127e-05	-- .42982e-04
89	-- .53959e-05	-- .54695e-04
90	-- .49305e-05	-- .61750e-04
91	-- .28077e-05	-- .66341e-04
92	-- .55191e-20	-- .67781e-04
93	-- .21681e-19	-- .68011e-04
94	-- .26260e-05	-- .61963e-04
95	-- .90829e-06	-- .44774e-04
96	.81102e-06	-- .40185e-04
97	.10947e-05	-- .42014e-04
98	-- .84347e-07	-- .53594e-04
99	-- .46955e-05	-- .51976e-04
100	-- .79849e-05	-- .35772e-04

101	--.95572e-05	--.25015e-04
102	--.68200e-05	--.25682e-04
103	--.63254e-05	--.30975e-04
104	--.53830e-05	--.37181e-04
105	--.42858e-05	--.46088e-04
106	--.33216e-05	--.52261e-04
107	--.17655e-05	--.54664e-04
108	--.39049e-06	--.53848e-04
109	--.50069e-08	--.49648e-04
110	.38962e-06	--.42875e-04
111	.99644e-06	--.42607e-04
112	.78550e-06	--.41171e-04
113	.47059e-06	--.41620e-04
114	--.74583e-07	--.46747e-04
115	--.34600e-06	--.54788e-04
116	--.11775e-05	--.62208e-04
117	--.75791e-06	--.66560e-04
118	--.17904e-20	--.68140e-04
119	.84342e-22	--.68222e-04
120	.27843e-06	--.62140e-04
121	.93259e-06	--.47979e-04
122	.72355e-06	--.41853e-04
123	.22103e-07	--.44492e-04
124	--.72006e-06	--.53906e-04
125	--.18665e-05	--.52327e-04
126	--.29605e-05	--.38136e-04
127	--.41619e-05	--.26483e-04
128	--.14996e-05	--.27213e-04
129	--.11551e-05	--.32962e-04
130	--.69844e-06	--.38941e-04
131	--.51725e-06	--.46816e-04
132	--.56204e-06	--.52444e-04
133	--.66550e-06	--.55052e-04
134	--.77688e-06	--.54077e-04
135	--.84041e-06	--.50475e-04
136	--.31489e-06	--.45889e-04
137	.27652e-06	--.43980e-04
138	.71813e-06	--.42582e-04
139	.13709e-05	--.43087e-04
140	.19844e-05	--.49037e-04
141	.20089e-05	--.55833e-04
142	.14496e-05	--.62225e-04
143	.68407e-06	--.66854e-04
144	.53438e-20	--.68256e-04
145	.44374e-19	--.69057e-04
146	.36561e-05	--.63132e-04
147	.43213e-05	--.51138e-04
148	.50452e-06	--.44276e-04
149	--.12580e-05	--.47909e-04
150	--.80560e-06	--.54967e-04
151	.19130e-05	--.53340e-04
152	.37144e-05	--.40509e-04
153	.37043e-05	--.28937e-04
154	.85551e-05	--.30253e-04
155	.90214e-05	--.34954e-04
156	.89803e-05	--.41791e-04

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 37

157	.74471e-05	-.47779e-04
158	.48071e-05	-.54226e-04
159	.13381e-05	-.55566e-04
160	-.17728e-05	-.55945e-04
161	-.31547e-05	-.51854e-04
162	-.30642e-05	-.49498e-04
163	-.19178e-05	-.46292e-04
164	-.26540e-06	-.46078e-04
165	.42028e-05	-.44917e-04
166	.79529e-05	-.52946e-04
167	.82567e-05	-.57347e-04
168	.70085e-05	-.64101e-04
169	.39257e-05	-.67222e-04
170	.26669e-19	-.69800e-04

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 38

contraintes---chargement 1

element	1	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	1	-51.10	-255.48	-27.63	-47.43	-259.15	-7.57
	3	-34.37	-171.86	10.78	-33.53	-172.70	-85.54
	23	-22.49	-166.58	14.52	-21.04	-168.03	-84.30
	21	6.39	-251.08	11.76	6.93	-251.61	-87.39
	cg	-10.98	-212.29	4.22	-10.89	-212.38	-88.80
element	2	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	3	-34.37	-171.86	10.78	-33.53	-172.70	-85.54
	5	-15.03	-75.17	-27.20	-4.56	-85.65	-21.07
	25	-46.70	-31.15	-22.89	-14.75	-63.10	-54.38
	23	-19.32	-165.95	16.91	-17.40	-167.87	-83.51
	cg	-27.06	-73.12	.49	-27.06	-73.12	-89.40
element	3	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	5	-15.03	-75.17	-27.20	-4.56	-85.65	-21.07
	7	-43.47	-217.33	-56.81	-26.55	-234.24	-16.58
	27	-22.70	-221.96	-47.60	-11.92	-232.75	-12.77
	25	-44.37	-30.69	-33.36	-3.47	-71.58	-50.79
	cg	-33.26	-117.35	-47.08	-12.18	-138.43	-24.12
element	4	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	7	-43.47	-217.33	-56.81	-26.55	-234.24	-16.58
	9	-43.21	-216.03	37.91	-35.25	-223.98	-78.15
	29	-22.06	-251.88	1.80	-22.04	-251.90	-89.55
	27	-15.45	-220.51	-62.09	1.88	-237.85	-15.60
	cg	-22.75	-291.46	-18.95	-21.43	-292.79	-4.01
element	5	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	9	-43.21	-216.03	37.91	-35.25	-223.98	-78.15
	11	-8.19	-40.97	13.05	-3.63	-45.53	-70.73
	31	27.64	25.69	-50.22	76.89	-23.56	-44.44
	29	-59.05	-259.28	132.48	6.89	-325.22	-63.54
	cg	-19.50	-44.93	27.13	-2.26	-62.18	-57.55
element	6	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	11	-8.19	-40.97	13.05	-3.63	-45.53	-70.73
	13	.04	.19	.00	.19	.04	.00
	33	6.48	-9.28	-3.35	7.16	-9.97	-11.50
	31	6.34	21.43	-11.86	27.94	-.17	-61.23

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 39

	cg	-6.25	-5.14	2.12	-3.50	-7.89	-37.61
element	7	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	21	4.78	-259.14	9.27	5.11	-259.46	-87.99
	23	-21.86	-163.44	27.28	-16.79	-168.51	-79.46
	41	13.74	-148.16	32.98	20.20	-154.62	-78.92
	39	1.01	-301.25	12.06	1.49	-301.73	-87.72
	cg	-2.18	-217.50	16.37	-.94	-218.73	-85.68
element	8	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	23	-18.69	-162.81	29.67	-12.82	-168.68	-78.81
	25	-50.04	-47.88	-21.01	-27.92	-70.00	-46.47
	43	10.42	12.96	-9.26	21.04	2.34	-48.89
	41	-5.07	-151.92	37.84	4.11	-161.10	-76.37
	cg	-14.42	-42.23	3.67	-13.95	-42.71	-82.61
element	9	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	25	-47.71	-47.41	-31.48	-16.08	-79.04	-45.14
	27	-24.32	-230.04	-64.73	-5.64	-248.71	-16.09
	45	-20.60	-259.56	-91.71	10.54	-290.70	-18.76
	43	-27.12	5.45	-21.14	15.84	-37.52	-63.81
	cg	-24.34	-85.77	-50.43	3.99	-114.10	-29.33
element	10	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	27	-17.07	-228.59	-79.22	9.32	-254.97	-18.42
	29	-61.64	-449.82	70.02	-49.40	-462.06	-80.08
	47	-11.94	-433.08	28.43	-10.03	-434.99	-86.16
	45	-6.57	-256.75	-47.65	2.19	-265.52	-10.43
	cg	-14.41	-310.68	-11.22	-13.98	-311.10	-2.17
element	11	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	39	3.67	-287.95	7.02	3.84	-288.12	-88.62
	41	12.47	-154.49	39.17	21.21	-163.22	-77.43
	55	46.68	-159.54	23.35	49.29	-162.15	-83.62
	53	-9.88	-285.24	-42.33	-3.52	-291.60	-8.54
	cg	19.84	-240.98	5.14	19.94	-241.08	-88.87
element	12	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	41	-6.34	-158.25	44.03	5.51	-170.09	-74.95
	43	-1.88	-48.56	-23.54	7.93	-58.37	-22.62
	57	117.84	-7.48	-27.16	123.48	-13.11	-11.72
	55	97.64	-149.35	24.12	99.97	-151.68	-84.47
	cg	53.58	.63	2.55	53.70	.51	-87.25

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 40

element	13	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	43	-39.43	-56.07	-35.41	-11.37	-84.12	-38.39
	45	-24.92	-281.17	-111.94	17.09	-323.18	-20.57
	59	-109.53	-302.61	-161.42	-17.98	-394.15	-29.56
	57	151.89	-.67	60.25	172.81	-21.59	-70.85
	cg	15.83	-14.67	-30.43	34.62	-33.46	-31.69

element	14	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	45	-10.90	-278.37	-67.87	5.34	-294.61	-13.45
	47	5.70	-344.86	43.58	11.04	-350.20	-83.02
	61	-12.13	-338.23	11.00	-11.76	-338.60	-88.07
	59	-65.12	-293.72	-26.38	-62.12	-296.73	-6.50
	cg	-6.44	-360.87	-13.64	-5.92	-361.39	-2.20

element	15	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	53	9.09	-190.38	-49.97	20.91	-202.20	-13.31
	55	-2.75	-406.69	15.63	-2.15	-407.29	-87.79
	68	-1.67	-471.14	-10.75	-1.42	-471.39	-1.31
	66	-20.93	-102.43	-23.60	-14.60	-108.77	-15.04
	cg	-3.80	-273.14	-12.12	-3.26	-273.69	-2.57

element	16	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	59	-129.78	-616.99	-156.09	-84.06	-662.71	-16.32
	61	-5.52	-305.17	48.23	2.05	-312.74	-81.08
	71	-30.04	-428.40	-51.42	-23.51	-434.93	-7.24
	69	-46.06	-470.26	-56.44	-38.68	-477.64	-7.45
	cg	-25.67	-373.76	-41.82	-20.72	-378.71	-6.75

element	17	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	66	-22.83	-111.89	-29.13	-14.15	-120.57	-16.59
	68	-6.03	-492.95	-11.58	-5.75	-493.23	-1.36
	78	-70.28	-558.27	-91.91	-53.55	-575.01	-10.32
	76	-5.31	-23.07	51.20	37.77	-64.15	-49.92
	cg	-8.83	-253.58	-10.53	-8.38	-254.03	-2.46

element	18	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	69	-40.25	-441.21	-87.28	-22.08	-459.39	-11.76
	71	-25.22	-404.30	-35.34	-21.95	-407.56	-5.28
	88	-238.99	-527.76	-184.27	-149.27	-617.47	-25.96
	86	-34.00	-294.26	61.65	-20.13	-308.12	-77.32
	cg	-39.77	-375.30	-38.13	-35.49	-379.57	-6.40

element	19	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
---------	----	---------	---------	----------	---------	---------	-------



23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 41.

76	-20.52	-99.14	23.66	-13.95	-105.71	-74.48
78	-12.87	-271.21	24.73	-10.52	-273.55	-84.58
104	54.93	-215.18	-75.51	74.61	-234.86	-14.60
102	-.85	-117.92	40.65	11.88	-130.65	-72.61
cg	25.18	-204.29	-1.77	25.19	-204.31	-.44

element	20	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	78	-15.68	-271.77	-148.48	52.34	-339.79	-24.61
	80	295.96	.71	37.74	300.71	-4.04	-82.83
	106	53.58	-33.71	-46.79	73.92	-54.05	-23.50
	104	34.34	-219.30	-129.99	89.13	-274.08	-22.85
	cg	110.16	-1.81	-35.48	120.45	-12.10	-16.18

element	21	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	80	258.59	-6.77	-1.66	258.60	-6.78	-.36
	82	217.62	16.28	-3.05	217.67	16.23	-.87
	108	79.99	-31.64	64.99	109.84	-61.49	-65.33
	106	106.00	-23.23	-24.56	110.51	-27.74	-10.40
	cg	154.70	-1.17	6.88	155.00	-1.47	-87.48

element	22	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	82	270.20	26.79	-24.22	272.59	24.41	-5.63
	84	-217.97	-254.49	205.82	-29.60	-442.86	-47.53
	110	2.38	-122.21	190.50	140.51	-260.34	-54.05
	108	16.74	-44.29	78.60	70.54	-98.10	-55.61
	cg	35.76	-19.28	54.01	68.86	-52.38	-58.50

element	23	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	84	-46.46	374.34	-291.39	523.36	-195.48	-62.92
	86	-54.39	-345.76	192.54	41.37	-441.52	-63.56
	112	-74.43	-124.20	66.82	-28.01	-170.61	-55.22
	110	-64.78	-730.17	34.43	-63.00	-731.94	-87.05
	cg	2.97	-42.90	-3.10	3.18	-43.11	-3.85

element	24	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	86	-43.88	-343.66	-26.69	-41.52	-346.01	-5.0x
	88	-198.51	-325.35	-1.58	-198.49	-325.37	-.71
	114	-101.15	-367.10	-71.29	-83.25	-385.00	-14.10
	112	-31.52	-115.62	32.56	-20.38	-126.75	-71.12
	cg	-61.69	-127.90	-41.96	-41.35	-148.25	-25.86

element	25	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	88	-479.33	-381.51	-354.25	-72.81	-788.03	-48.93

90	178.27	2.47	53.41	193.23	-12.49	-74.36
116	-90.15	-61.73	-135.95	60.75	-212.64	-47.98
114	-71.64	-361.20	-184.15	17.84	-450.67	-25.91
cg	-64.25	-20.63	-73.93	34.65	-119.52	-53.22

element	26	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	90	122.90	-8.61	11.44	123.89	-9.60	-85.07
	92	219.92	-2.96	3.93	219.99	-3.03	-88.99
	118	64.82	-.36	-5.67	65.31	-.85	-4.93
	116	9.16	-41.87	-95.92	82.90	-115.61	-37.55
	cg	91.91	-.02	-16.45	94.76	-2.87	-9.84

element	27	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	102	-5.62	-141.76	16.61	-3.62	-143.76	-83.14
	104	65.99	-159.88	-57.97	80.00	-173.89	-13.59
	130	19.32	-118.72	-60.56	42.12	-141.52	-20.63
	128	.96	-116.35	-10.70	1.93	-117.31	-5.17
	cg	17.80	-163.32	-22.97	20.66	-166.19	-7.12

element	28	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	104	45.40	-164.00	-112.45	94.35	-212.94	-23.52
	106	61.41	5.43	-27.46	72.63	-5.79	-22.23
	132	-16.03	-27.15	-40.08	18.87	-62.05	-41.05
	130	-4.94	-123.57	-99.25	51.37	-179.88	-29.57
	cg	25.54	-56.11	-66.78	62.98	-93.55	-29.28

element	29	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	106	113.83	15.91	-5.23	114.11	15.63	-3.05
	108	89.88	17.78	35.32	104.30	3.36	-67.79
	134	-16.07	-41.59	83.00	55.15	-112.81	-49.37
	132	-11.95	-26.33	-37.12	18.67	-56.95	-39.52
	cg	33.34	-25.90	16.40	37.58	-30.14	-75.51

element	30	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	108	26.62	5.13	48.93	65.98	-34.22	-51.19
	110	-32.48	-296.55	198.89	74.21	-403.24	-61.79
	136	12.34	-213.85	119.68	63.90	-265.42	-66.69
	134	-33.06	-44.99	92.64	53.80	-131.85	-46.84
	cg	11.50	-67.18	102.55	82.00	-137.68	-55.49

element	31	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	110	29.21	-285.21	-37.34	28.65	-289.65	-6.78
	112	-74.69	-125.54	61.02	-34.01	-166.22	-56.31
	138	4.21	-125.64	39.67	15.37	-136.80	-74.29

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 43

	136	10.46	-214.23	49.64	20.94	-224.70	-78.08
	cg	5.20	-114.28	18.78	8.08	-117.17	-81.27
element	32	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	112	-31.78	-116.96	26.77	-24.07	-124.67	-73.92
	114	-75.06	-236.64	-61.73	-54.18	-257.52	-18.69
	140	-7.97	-164.57	-76.57	23.25	-195.79	-22.18
	138	3.07	-125.87	40.41	14.68	-137.48	-73.96
	cg	-21.10	-127.47	-22.09	-16.70	-131.88	-11.28
element	33	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	114	-45.54	-230.74	-174.60	59.49	-335.77	-31.03
	116	-75.99	9.07	-95.51	71.09	-138.01	-57.00
	142	-67.73	-40.71	-108.50	55.12	-163.55	-48.55
	140	-10.88	-165.15	-128.96	62.25	-238.28	-29.56
	cg	-42.15	-96.29	-124.09	57.78	-196.22	-38.85
element	34	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	116	23.32	28.93	-55.48	81.67	-29.42	-46.45
	118	63.88	-5.07	-5.67	64.34	-5.53	-4.67
	144	-47.24	-11.05	6.15	-10.04	-48.26	-9.39
	142	-64.45	-40.05	-110.03	58.45	-162.96	-48.16
	cg	-15.29	-27.73	-38.23	17.22	-60.25	-40.38
element	35	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	128	-8.51	-163.70	-8.89	-8.00	-164.21	-3.27
	130	14.92	-140.72	-73.76	44.32	-170.12	-21.73
	156	-45.75	-104.89	-77.45	7.59	-158.23	-34.55
	154	43.56	-84.66	36.43	53.18	-94.29	-75.20
	cg	-16.99	-87.07	-24.42	-9.32	-94.74	-17.44
element	36	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	130	-9.34	-145.57	-112.45	54.01	-208.93	-29.40
	132	-26.80	-81.00	-46.82	20	-108.00	-29.97
	158	-238.97	-121.85	-78.33	-82.61	-278.21	-63.39
	156	-88.53	-113.44	38.01	-60.99	-140.98	-54.07
	cg	-71.47	-54.73	-40.26	-21.98	-104.22	-50.87
element	37	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimumum	angle
	132	-22.72	-80.18	-43.86	98	-103.88	-28.39
	134	-22.89	-75.68	92.85	47.25	-145.82	-52.93
	160	-223.10	-130.39	-47.41	-110.44	-243.05	-67.18
	158	-270.79	-128.21	57.64	-107.83	-291.17	-19.48
	cg	-99.65	-41.54	12.28	-39.06	-102.14	-11.46

element	38	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimimum	angle
	134	-39.88	-79.08	102.49	44.87	-163.82	-50.41
	136	18.30	-184.05	124.29	77.39	-243.14	-64.57
	162	33.82	-108.66	-36.64	42.69	-117.53	-13.61
	160	-166.13	-118.99	88.55	-50.92	-234.19	-37.55
	cg	-27.89	-63.48	58.32	15.29	-106.66	-53.48

element	39	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimimum	angle
	136	16.42	-184.43	54.25	30.14	-198.15	-75.81
	138	1.85	-137.42	40.33	12.69	-148.26	-74.96
	164	126.33	-130.55	-79.37	148.87	-153.09	-15.86
	162	50.40	-105.34	78.38	83.01	-137.96	-67.41
	cg	53.20	-86.47	22.14	56.63	-89.90	-81.21

element	40	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimimum	angle
	138	.71	-137.65	41.07	11.98	-148.92	-74.65
	140	-13.34	-191.41	-92.62	26.10	-230.85	-23.07
	166	119.27	-115.78	-71.16	139.13	-135.64	-15.60
	164	178.73	-120.07	64.04	191.88	-133.21	-78.40
	cg	67.48	-63.35	-10.48	68.32	-64.18	-4.55

element	41	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimimum	angle
	140	-16.25	-191.99	-145.00	65.43	-273.67	-29.39
	142	-77.40	-89.09	-123.34	40.24	-206.73	-43.64
	168	-165.09	-117.01	-93.92	-44.10	-238.00	-52.18
	166	49.65	-129.70	55.71	65.54	-145.59	-74.08
	cg	-37.50	-71.07	-65.59	13.42	-121.99	-37.82

element	42	sigma-x	sigma-y	sigma-xy	maximum	mimimum	angle
	142	-74.13	-88.43	-124.88	43.80	-206.36	-43.36
	144	-61.43	-81.97	6.15	-59.72	-83.67	-74.54
	170	-329.48	-125.89	-67.24	-105.68	-349.69	-73.28
	168	-211.55	-126.30	38.42	-111.54	-226.31	-21.02
	cg	-136.52	-42.79	-29.67	-34.19	-145.12	-73.83

# Listing du Programme d'éléments finis

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 1

```

c
c
c ***** programme pour etude des
c
c ***** murs par la methode des elements finis
c
c ***** element rectangulaire a 8 noeuds
c
c
c implicit real*8(a-h,o-z)
c dimension ass(2000),incid(60,8),aa(60),tt(60),ptk(16,16),fp(8)
c dimension str(15,16),e(3,3),d(16),nnn(8),def(400),f(400),bb(60)
c
c ***** donnees generales
c
c print 999
c print 500
c
c read *, njoint,ne,ncon,nlcase,ym,pr,dens,icheck
c print 1001,njoint,ne,ncon,nlcase,ym,pr,dens
c
c ***** donnees des noeuds
c
c print 501
c do 1 i=1,ne
c   read *, n,(incid(n,j),j=1,8),aa(n),bb(n),tt(n)
1   print 1002,n,(incid(n,j),j=1,8),aa(n),bb(n),tt(n)
c
c   do 2 i=1,3
c   do 2 j=1,3
2   e(i,j)=0.d0
c   e(1,1)=ym/(1.d0-pr*pr)
c   e(1,2)=pr*e(1,1)
c   e(2,1)=e(1,2)
c   e(2,2)=e(1,1)
c   e(3,3)=.5d0*ym/(1.d0+pr)
c
c   nbw=0
c   do 3 i=1,ne
c   do 4 j=1,8
4   nnn(j)=incid(i,j)
c   imax=max(nnn(1),nnn(2),nnn(3),nnn(4),nnn(5),nnn(6),nnn(7),nnn(8))
c   imin=min(nnn(1),nnn(2),nnn(3),nnn(4),nnn(5),nnn(6),nnn(7),nnn(8))
c   nbwt=2*(imax-imin+1)
c   if(nbwt.gt.nbw) nbw=nbwt
3   continue
c   nsize=2*njoint
c   ispace=nbw*nsize
c   print 1003,nsize,nbw,ispace
c
c   if(icheck.gt.0) go to 18
c   do 7 i=1,ispace
7   ass(i)=0.d0
c   print 505
c   do 5 i=1,ne
c   do 6 j=1,8

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 2

```

6   nnn(j)=incid(i,j)
    a=aa(i)
    b=bb(i)
    t=tt(i)
    call stiff(a,b,t,e,ptk)
    call assem(nnn,ptk,ass,nbw,isspace)
5  continue

c
18 print 1004
    do 8 i=1,ncon
        read *,n,idirx,idiry
        print 1005,n,idirx,idiry
        if(ichk.gt.0) go to 8
        if(idirx.eq.0) go to 9
        ii=2*(n-1)+1
        k=nbw*ii-nbw+1
        ass(k)=ass(k)+1.d20
9     if(idiry.eq.0) go to 8
        ii=2*n
        k=nbw*ii-nbw+1
        ass(k)=ass(k)+1.d20
8  continue
    PRINT 506

c
    if(ichk.eq.0) call dband(ass,nsiz,nbw,isspace)

c
    print 503
    do 16 k=1,nlcase
        do 10 i=1,nsiz
10     f(i)=0.d0
        print 504,k
        read *,jload
        print 1006,k,jload
        do 11 i=1,jload
            read *,n,fx,fy
            print 1007,n,fx,fy
            ii=2*n
            f(ii-1)=f(ii-1)+fx
11     f(ii)=f(ii)+fy

c
        do 19 i=1,ne
            do 17 j=1,7,2
                fp(j)=-aa(i)*bb(i)*tt(i)*dens/12.d0
17     fp(j+1)=aa(i)*bb(i)*tt(i)*dens/3.d0

c
            do 19 j=1,8
                ii=2*incid(i,j)
19     f(ii)=f(ii)+fp(j)
            if(ichk.gt.0) go to 16
            print 507

c
        open(unit=6,file='fichout')
        call solve(ass,f,def,nsiz,nbw,isspace)

c
        print 1008,k
        do 12 i=1,njoint

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 3

```

      ii=2*(i-1)
12  print 1009,i,def(ii+1),def(ii+2)
c
      print 1010,k
      do 13 i=1,ne
        do 14 j=1,8
14   nnn(j)=incid(i,j)
        a=aa(i)
        b=bb(i)
        call contr(a,b,str,ym,pr)
        do 15 j=1,8
          ii=2*nnn(j)
          jj=2*(j-1)+1
          d(jj)=def(ii-1)
15   d(jj+1)=def(ii)
        call print(i,nnn,str,d)
13  continue
c
      close(unit=6)
16  continue
c
c ***** FORMAT *****
c
500 format (' ***** DONNES GENERALES ***** ??????',/,/,
1'   njoint,ne,ncon,nlcase,ym,pr,dens,icheck',/,/,
2'   njoint=nombre de noeuds      ',/,/,
3'   ne      =nombre d'elements   ',/,/,
4'   ncon   =nombre de noeuds restreints',/,/,
5'   nlcase=nombre de cas de chargement',/,/,
6'   ym     =module d'elasticite   ',/,/,
7'   pr     =coef. de poisson      ',/,/,
7'   dens   =poids specifique du beton',/,/,
8'   icheck=0  les calculs sont faits ',/,/,
9'   icheck=1  les calculs ne sont pas faits')
501 format(//,'*****DONNEES SUR ELEMENTS ET NOEUDS'//,
1'   n,n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,a,b,t'//,
2'   n      =numero de l'element   ',/,/,
3'   n1..n8 =noeuds donnes dans le sens anti-horaire'//,
4'   a      =largeur de l'element  ',/,/,
5'   b      =hauteur de l'element  ',/,/,
6'   t      =epaisseur de l'element ')
503 format('1CHARGEMENT AUX NOEUDS'//)
504 format('0chargement numero',i3/,
1'   jload : nombre de noeuds charges')
505 format(///// 'ATTENDRE POUR RENTRER LES SUPPORTS')
506 format(///// 'ATTENDRE POUR RENTRER LES CHARGES')
507 format(///// 'CALCUL DES DEPLACEMENTS ET DES CONTRAINTES')
999 format('1')
1001 format(//,' NOMBRE DE NOEUDS                =',i5,/,
1'   ' NOMBRE D'ELEMENTS                        =',i5,/,
2'   ' NOMBRE DE NOEUDS AVEC SUPPORTS           =',i5,/,
3'   ' NOMBRE DE CAS DE CHARGEMENTS             =',i5,/,
4'   ' MODULE D'ELASTICITE                      =',f13.2,/,
5'   ' COEFFICIENT DE POISSON                   =',f13.2,/,
6'   ' POIDS SPECIFIQUE PONDERE                 =',f13.2/////))
1002 format(/i8,8i5,3f10.3/)

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 4

```

1003 format('ONOMBRE D'EQUATIONS           =',i5/
1      '  LARGEUR DE BANDE                 =',i5/
2      '  ESPACE REQUIS                     =',i5)
1004 format('1RESTREINTES AUX NOEUDS',//,
1' NOEUD      DIR-X      DIR-Y'//,
2'          NOEUD : no. du noeud restreint'//,
3'          DIR-X =1 le noeud est bloque suivant X'//,
4'          =0 le noeud est libre suivant Y'//,
5'          DIR-Y =1 le noeud est bloque suivant X'//,
6'          =0 le noeud est libre suivant Y')
1005 format(' ',3i5)
1006 format('1CHARGEMENT NUMERO',i3,20x,i4,' noeuds charges'//
1' noeud      force-x      force-y'//
2'          noeud      : numero du noeud'//,
3'          force-x : force au noeud suivant x'//,
3'          force-y : force au noeud suivant y')
1007 format(' ',i5,2f10.3)
1008 format('1deplacements---changement',i3//
1' noeud      deplacement-x      deplacement-y'//)
1009 format(' ',i5,2d14.5)
1010 format('1contraintes---changement',i3//)

```

stop

end

c

```

subroutine stiff(a,b,t,e,akm)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension cc(16,16),e(3,3),m(16),n(16),r(16),s(16),temp(16,16),
1akm(16,16)
integer r,s
data m/0,1,0,2,1,0,2,1,8*0/
data n/0,0,1,0,1,2,1,2,8*0/
data r/8*0,0,1,0,2,1,0,2,1/
data s/8*0,0,0,1,0,1,2,1,2/

```

c

```

call rt(a,b,cc)
call membr(akm,e,a,b,t,m,n,r,s,16)

```

c

```

do 1 i=1,16
do 1 j=1,16
temp(i,j)=0.d0
do 1 k=1,16
1 temp(i,j)=temp(i,j)+akm(i,k)*cc(k,j)

```

c

```

do 2 i=1,16
do 2 j=1,16
akm(i,j)=0.d0
do 2 k=1,16
2 akm(i,j)=akm(i,j)+cc(k,i)*temp(k,j)

```

c

return

end

c

c

```

subroutine assem(nn,ptk,ass,nbw,ispac)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension nn(8),ptk(16,16),ass(ispac),iad(16)

```



23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 5

```

k=0
do 1 i=1,15,2
  k=k+1
  iad(i)=2*nn(k)-1
1 iad(i+1)=iad(i)+1
do 2 i=1,16
  ii=iad(i)
  do 4 j=1,16
    jj=iad(j)-iad(i)+1
    if(jj) 4,4,3
3    k=nbw*(ii-1)+jj
    ass(k)=ass(k)+ptk(i,j)
4    continue
2    continue
return

```

end

c

```

subroutine rt(a,b,c)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension c(16,16),l(16),m(16)
do 50 i=1,16
  do 50 j=1,8
50  c(i,j)=0.d0
do 51 i=1,16,2
51  c(i,1)=1.d0
do 52 i=5,9,2
  c(i,2)=a
  c(i,4)=a*a
  j=i+4
  c(j,3)=b
52  c(j,6)=b*b
do 53 i=3,11,8
  c(i,2)=.5d0*a
  c(i,4)=.25d0*a*a
  j=i+4
  c(j,3)=.50d0*b
53  c(j,6)=.25d0*b*b
c(7,5)=.5d0*a*b
c(7,7)=.5d0*a*a*b
c(7,8)=.25d0*a*b*b
c(9,5)=a*b
c(9,7)=a*a*b
c(9,8)=a*b*b
c(11,5)=.5d0*a*b
c(11,7)=.25d0*a*a*b
c(11,8)=.5d0*a*b*b
do 54 i=1,15
  do 54 j=1,8
    k=i+1
    n=j+8
54  c(k,n)=c(i,j)
do 55 i=9,16
55  c(1,i)=0.d0

```

c

```

nfn=16*16
call dminv(c,16,nfn,d,l,m)

```

```

c
  return
                                          end

subroutine membr(akm,e,a,b,t1,m,n,r,s,nt)
implicit real*8(a-h,o-z)
integer r(16),s(16),rr,ss
dimension akm(16,16),f(12,12),e(3,3),m(16),n(16)
l1=12
do 3 i=1,l1
do 3 j=1,l1
3 f(i,j)=0.d0
do 4 i=3,l1
do 4 j=3,l1
  ii=i-2
  jj=j-2
  xi=float(ii)
  xj=float(jj)
4 f(i,j)=a**ii*b**jj/(xi*zj)
do 11 i=1,nt
  do 11 j=i,nt
    ii=m(i)+m(j)
    jj=n(i)+n(j)
    rr=r(i)+r(j)
    ss=s(i)+s(j)
    mrj=m(j)+r(i)
    nsj=n(j)+s(i)
    mri=m(i)+r(j)
    nsi=n(i)+s(j)
    fmi=float(m(i))
    fmj=float(m(j))
    fsi=float(s(i))
    fsj=float(s(j))
    fni=float(n(i))
    fnj=float(n(j))
    fri=float(r(i))
    frj=float(r(j))
11 akm(i,j)=t1*(
  1e(1,1)* fmi*fmj*f(ii+1,jj+3)+e(2,2)*fsi*fsj*f(rr+3,ss+1)+
  2e(3,3)*(fni*fnj*f(ii+3,jj+1)+fri*frj*f(rr+1,ss+3))+
  3e(1,2)* fmi*fsj+e(3,3)*fni*frj)*f(mri+2,nsi+2)+
  4e(1,2)* fmj*fsi+e(3,3)*fnj*fri)*f(mrj+2,nsj+2)+
  5e(1,3)*(fmi*fnj+fmj*fni)*f(ii+2,jj+2))
  do 12 i=1,nt
  do 12 j=i,nt
12 akm(j,i)=akm(i,j)
                                          return
end

c
subroutine dminv(a,n,nfn,d,l,m)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension a(nfn),l(n),m(n)

c
d=1.d0
nk=-n
do 80 k=1,n

```



23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 8

```

      ij=i-n
      do 65 j=1,n
      ij=ij+n
      if(i-k) 60,65,60
60    if(j-k) 62,65,62
62    kj=ij-i+k
      a(ij)=hold*a(kj)+a(ij)
65    continue
c
c      divide row by pivot
c
      kj=k-n
      do 75 j=1,n
      kj=kj+n
      if(j-k) 70,75,70
70    a(kj)=a(kj)/biga
75    continue
c
c      product of pivots
c
      d=d*biga
c
c      replace pivot by reciprocal
c
      a(kk)=1.d0/biga
80    continue
c
c      final row and column interchange
c
      k=n
100   k=k-1
      if(k) 150,150,105
105   i=l(k)
      if(i-k) 120,120,108
108   jq=n*(k-1)
      jr=n*(i-1)
      do 110 j=1,n
      jk=jq+j
      hold=a(jk)
      ji=jr+j
      a(jk)=-a(ji)
110   a(ji)=hold
120   j=m(k)
      if(j-k) 100,100,125
125   ki=k-n
      do 130 i=1,n
      ki=ki+n
      hold=a(ki)
      ji=ki-k+j
      a(ki)=-a(ji)
130   a(ji)=hold
      go to 100
150
                                     return
      end
      subroutine dband(a,n,nbw,isspace)
      implicit real*8(a-h,o-z)

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 9

```

dimension a(inspace)
integer p,q
c
do 1 i=1,n
  p=n-i+1
  if(nbw.lt.p) p=nbw
  do 1 j=1,p
    q=nbw-j
    if(i-1.lt.q) q=i-1
    kk=i*nbw-nbw+j
    sum=a(kk)
    if(q) 2,2,3
3  do 4 k=1,q
    ki=(i-k-1)*nbw+k+1
    kj=(i-k-1)*nbw+k+j
4  sum=sum-a(ki)*a(kj)
2  continue
    if(j.eq.1) go to 5
    kk=i*nbw-nbw+j
    a(kk)=sum*temp
    go to 1
5  if(sum.le.0.d0) go to 6
    temp=1.d0/dsqrt(sum)
    kk=i*nbw-nbw+j
    a(kk)=temp
1  continue
    go to 7
6  print 100,i
100 format('0la matrice est singuliere a la rangee',i5)
stop
7  return
end

```

```

c
subroutine solve(a,b,x,n,nbw,inspace)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension a(inspace),b(n),x(n)

```

```

c
do 1 i=1,n
  j=i-nbw+1
  if(i+1.le.nbw) j=1
  sum=b(i)
  im1=i-1
  if(im1.le.0) go to 5
  do 2 k=j,im1
    kk=k*nbw-nbw+i-k+1
2  sum=sum-a(kk)*x(k)
5  kk=i*nbw-nbw+1
1  x(i)=sum*a(kk)

```

```

c
do 3 ii=1,n
  i=n-ii+1
  j=i+nbw-1
  if(j.gt.n) j=n
  sum=x(i)
  ip1=i+1
  if(ip1.gt.j) go to 6

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 10

```

      do 4 k=ip1,j
        kk=i*nbw-nbw+k-i+1
4      sum=sum-a(kk)*x(k)
6      kk=i*nbw-nbw+1
3      x(i)=sum*a(kk)

```

return

end

c

```

subroutine contr(a,b,str,ym,pr)
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension c(15,16),cc(16,16),str(15,16)
do 1 i=1,15
do 1 j=1,16
1 c(i,j)=0.d0
c(1,2)=1.d0
c(3,3)=1.d0
c(4,2)=1.d0
c(4,4)=2.d0*a
c(6,3)=1.d0
c(6,5)=a
c(6,7)=a*a
c(7,2)=1.d0
c(7,4)=2.d0*a
c(7,5)=b
c(7,7)=2.d0*a*b
c(7,8)=b*b
c(9,3)=1.d0
c(9,5)=a
c(9,6)=2.d0*b
c(9,7)=a*a
c(9,8)=2.d0*a*b
c(10,2)=1.d0
c(10,5)=b
c(10,8)=b*b
c(12,3)=1.d0
c(12,6)=2.d0*b
c(13,2)=1.d0
c(13,4)=a
c(13,5)=.5d0*b
c(13,7)=.5d0*a*b
c(13,8)=.25d0*b*b
c(15,3)=1.d0
c(15,5)=.5d0*a
c(15,6)=b
c(15,7)=.25d0*a*a
c(15,8)=.5d0*a*b
do 2 i=1,13,3
do 2 j=1,8
c(i+2,j+8)=c(i,j)
2 c(i+1,j+8)=c(i+2,j)
do 3 i=1,13,3
do 3 j=1,8
c(i,j+8)=c(i+1,j+8)*pr
c(i+1,j)=c(i,j)*pr
c(i+2,j)=.5d0*(1.d0-pr)*c(i+2,j)
3 c(i+2,j+8)=.5d0*(1.d0-pr)*c(i+2,j+8)

```

23 Mai 11:55 1984 fichout3 Page 11

```

      do 4 i=1,15
        do 4 j=1,16
4 c(i,j)=c(i,j)*ym/(1.d0-pr*pr)
      call rt(a,b,cc)
      do 5 i=1,15
        do 5 j=1,16
          str(i,j)=0.d0
          do 5 k=1,16
5 str(i,j)=str(i,j)+c(i,k)*cc(k,j)
      return
    end
c
  subroutine princ(sx,sy,sxy,smax,smin,ang)
  implicit real*8(a-h,o-z)
  data pi/3.14159265d0/
  rc=dsqrt((sx-sy)*(sx-sy)*.25d0+sxy*sxy)
  smax=(sx+sy)*.5d0+rc
  smin=(sx+sy)*.5d0-rc
  d=sx-sy
  if(d.lt.1.d-4.and.d.gt.-1.d-4) go to 1
  ang=datan(2.d0*sxy/d)
  ang=90.d0*ang/pi
  if(sxy) 2,3,4
2 if(ang) 5,5,6
6 ang=ang-90.d0
5 return
3 ang=0.d0
  if(sx.lt.sy) ang=90.d0
  return
4 if(ang) 7,5,5
7 ang=ang+90.d0
  return
1 if(sxy) 8,9,10
8 ang=-45.d0
  return
9 ang=0.d0
  return
10 ang=45.d0
  return
  end
c
  subroutine print(n,nnn,str,d)
  implicit real*8(a-h,o-z)
  dimension nnn(8),str(15,16),d(16),s(15)
c
  print 100,n
    do 1 i=1,15
      s(i)=0.d0
      do 1 j=1,16
1 s(i)=s(i)+str(i,j)*d(j)
c
  do 2 i=1,5
    ii=3*(i-1)
    sx=s(ii+1)
    sy=s(ii+2)
    sky=s(ii+3)

```

```
      call princ(sx,sy,sxy,smax,smin,ang)
      jj=2*(i-1)+1
      if(i.le.4) print 101,nnn(jj),sx,sy,sxy,smax,smin,ang
      if(i.eq.5) print 102,      sx,sy,sxy,smax,smin,ang
2 continue
c
100 format('0element',i5,6x,'sigma-x   sigma-y   sigma-xy   maximum   m
      minimum   angle'//)
101 format(' ',12x,i3,6f10.2)
102 format(' ',13x,'cg',6f10.2)
c
      return
end
```



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Association Canadienne du ciment Portland ,  
Dosage et contrôle des mélanges de béton , édition  
métrique .
- [2] : ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES TECHNIQUES  
ROUTIÈRES , Technologie du béton
- [3] : Casotto S - Massonet Ch , Mécanique des matériaux
- [4] : Guérin A - R.C. LAVAUR , traité de béton  
armé tome 4
- [5] : Groupe , EXÉCUTION des maçonneries tome I
- [6] : LE COVEC JEAN , EXÉCUTION des maçonneries tome II
- [7] : Neville .A.M , Properties of concrete , 3<sup>rd</sup> Edition
- [8] : Popovis .S , concrete-making materials
- [9] : Règles CCRAG , modification 1970 , Règles tech-  
niques de conception et de calcul des ouvrages  
et constructions en béton armé , Editions Eyrolles, 1976
- [10] : WYMOUTH CAG , EFFECT of Particle  
and workability of concrete , Editeur Rock Products, 1960
- [11] : Zienkiewicz , La méthode des éléments finis ,  
Edisience, 1973