

République du Sénégal



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

PROJET
DE
FIN D'ETUDES

TITRE: CONCEPTION D'UN LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT DES POUTRES ET DALLES
EN BETON ARME SUIVANT LES NORMES CANADIENNE (CAN 3. A23. 3. M84)
ET FRANCAISE (BAEL.83)

AUTEUR: Mr ADJAGBONI Sylvain Médard

DIRECTEUR: Mr THIAM El Hadj Mamadou

CO-DIRECTEUR:

GENIE: CIVIL

DATE: JUIN 1990

A mes Parents

A mes frères et soeurs

A ma future épouse

A tous mes amis

R E M E R C I E M E N T S

Nous remercions très sincèrement notre directeur de projet, Monsieur EL HADJ MAMADOU THIAM qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite effective de ce projet.

Que ces quelques lignes témoignent de toute notre gratitude à l'égard de tous les professeurs de l'Ecole Polytechnique de Thiès qui nous ont donné les notions qui ont constitué des pré-requis à ce projet.

Nous remercions également les techniciens du centre de calcul pour leur collaboration effective.

Nous sommes également redevables à l'ensemble des Élèves-Ingénieurs en particulier: Accrombessy Franck, Accrombessy Patrick, Anato Pascal , Gaga Simplicie, Houèdokoho Narcisse, Okey Vladimir et Sossou Ludovic qui nous ont aidé pour l'arrangement des textes et programmes.

Nous tenons à remercier enfin tous ceux qui de près ou de loin nous ont apporté leurs soutiens moraux ou matériels.

S O M M A I R E

Ce rapport sanctionne un projet de fin d'étude. L'objectif visé par ce projet, est de mettre au point un logiciel d'analyse et de dimensionnement des poutres et dalles en béton armé suivant les normes Canadienne (CAN3A23.3M84) et Française (BAEL83).

Les concepts de base utilisés sont ceux des états limites ultimes de contrainte. Après une brève introduction montrant l'utilité d'une telle étude; nous procéderons au chapitre II à un rappel des notions fondamentales du calcul aux états limites et à l'établissement des formules de design du logiciel au chapitre III. Le chapitre IV donne les procédures utilisées pour le développement du programme ainsi que les explications nécessaires à l'utilisation du logiciel. Le logiciel écrit en Turbo Pascal (version 4) a été traité à l'aide des différents exemples tirés d'ouvrages portés en référence.

Les résultats obtenus par le logiciel pour les différentes catégories de poutres et dalles sont en accord avec ceux de ces livres, malgré quelques différences mineures explicitées dans le chapitre V : Conclusions et Recommandations. Ils nous ont permis aussi de nous assurer de la validité du programme.

Table des matières

	<u>Pages</u>
Dédicaces	i
Remerciement	ii
Sommaire	iii
Variables utilisées	Vii
Liste des figures et tableaux	ix
<u>Chapitre I</u> : Introduction	1
<u>Chapitre II</u> : Rappels des notions fondamentales du calcul	
aux états limites de contraintes	3
2.1 Les différents états limites	3
2.1.1 Etat limite ultime	3
2.1.2 Etat limite de service	4
2.2 Charges, combinaison de charges et facteurs	
de sécurité	4
2.2.1 Les charges	4
2.2.2 Facteurs de sécurité	5
2.2.3 Combinaison de charges	5
2.2.4 Diagramme contrainte-déformation du béton et	
de l'acier	8
2.2.4.1 Béton	8
2.2.4.2 Acier	9
2.3 Hypothèses de calculs	11
2.3.1 Norme canadienne	11
2.3.2 Norme française	13
<u>Chapitre III</u> : Etablissement des formules de design pour le	

	logiciel.....	15
3.1	Selon la norme canadienne (CAN3A23.3M84).....	15
3.1.1	Flexion simple	15
3.1.1.1	Poutres rectangulaires	15
3.1.1.1.1	Simplement armées	15
3.1.1.1.2	Doublement armées	20
3.1.1.2	Poutre en Té	28
3.1.1.3	Dalles armées selon une direction	35
3.2	Selon la norme française	37
3.2.1	Flexion simple	37
3.2.1.1	Poutres rectangulaires	37
3.2.1.1.1	Simplement armées	37
3.2.1.1.2	Doublement armées	40
3.2.1.2	Section en Té	47
3.2.1.2.1	Section en Té ne comportant que des armatures tendues	48
3.2.1.2.2	Section en Té comportant des armatures tendues et comprimées	52
3.2.1.3	Dalles armées selon une direction	57
ChapitreIV	Développement des programmes	59
4.1	Organigrammes	59
4.1.2	Programmes	59
4.2	Utilisation et possibilités du logiciel.....	60
4.2.1	Utilisation	60
4.2.2	Possibilités du logiciel	61
4.2.2.1	Norme canadienne (CAN3A23.3M84)	61

4.2.2.1.1	Poutre rectangulaire isolée	61
4.2.2.1.1.1	Analyse de poutre rectangulaire simplement armée ou doublement armée.....	61
4.2.2.1.1.2	Dimensionnement de poutre rectangulaire (simplement ou doublement armée).....	61
4.2.2.1.2	Dimensionnement de poutre en Té simplement armée	63
4.2.2.1.3	Dimensionnement des poutres rectangulaires continues	64
4.2.2.1.3.1	Les moments sont connus	64
4.2.2.1.3.2	Utilisation des coefficients du code (CAN3M84) (Méthode forfaitaire).....	65
4.2.2.1.4	Dalles pleines portant dans une direction.....	66
4.2.2.2	Norme française (BAEL83).....	68
4.3	Quelques exemples d'application.....	69
4.3.1	Exemples dans la norme canadienne.....	69
4.3.2	Exemples dans la norme française	77
4.3.3	Interprétation de résultats et limites du logiciel	81
Chapitre V:	Conclusion et recommandations.....	83
<u>Annexes</u>		
<u>Annexe N°1</u>	: Quelques prescriptions du code (CAN3M84)	84
<u>Annexe N°2</u>	: Les organigrammes	87
<u>Annexe N°3</u>	: - Liste des procédures du logiciel et leurs fonctions.....	104
	- Listing du programme	113
	-Références Bibliographiques.....	195

VARIABLES UTILISÉES (CAN3A23.3M84)

<u>Dans la théorie</u>	<u>Dans le logiciel</u>
f'_c : Résistance à la compression du béton	FC
f_s : Contrainte calculée de l'acier	FS
f_y : Limite d'élasticité de l'acier	FY
A_s : Aire de l'armature tendue	ASBD
f_r : Résistance à la traction du béton	FR
γ_c : Densité du béton	GC
E_c : Module d'élasticité du béton	EC
E_s : Module d'élasticité de l'acier	ES
c : Distance de la fibre la plus raccourcie à l'axe neutre	C
d : Hauteur utile	D
h : Hauteur totale	HTOT
A_{sb} : Armature de la section balancée	ASBBA
b : Largeur de la section rectangulaire	B
M_r : Moment résistant pondéré	MR
M_f : Moment fléchissant pondéré de design	MF
ρ : Rapport de l'armature tendue à l'aire du béton	RO
ρ_{min} : Pourcentage minimal d'acier	ROMINI
$\bar{\rho}_b$: Pourcentage maximal d'acier tendu	ROBBA
ρ_b : Pourcentage maximal d'acier	ROB
A'_s : Armature comprimée	APS
f'_s : Contrainte de compression dans l'acier comprimé	FPS
d' : Distance de la fibre la plus comprimée au centre de gravité de l'armature comprimée	DP
f'_{sb} : Contrainte de compression dans l'acier comprimé à l'état des déformations unitaires	FPSB
ρ' : Rapport de l'aire de l'armature comprimée sur l'aire du béton	ROP

VARIABLES UTILISÉES (BAE183)

<u>Dans la théorie</u>	<u>Dans le logiciel</u>
f_e : Limite d'élasticité de l'acier	FE
ϵ_l : Allongement correspondant au début du palier	EPL
ϵ_s : Allongement unitaire des armatures tendues	EPS
δ_s ou γ_s : Coefficient de sécurité pour l'acier introduit dans les calculs aux états limites ultimes	GS
α : Coefficient de calcul	AF
μ : Coefficient de calcul	MU
β : Coefficient de calcul	BE
α_l : Coefficient limite de calcul	AFL
μ_l : Coefficient limite de calcul	MUL
β_l : Coefficient limite de calcul	BEL
σ_s : Contrainte de traction dans l'armature tendue	SIGS
d : Hauteur utile	D
h : Hauteur totale de la section du béton	H
b : Largeur de la section rectangulaire	B
A : Section totale des armatures tendues	A
y : Distance de l'axe neutre à la fibre la plus comprimée	Y
ϵ_b : Raccourcissement unitaire du béton de la fibre la plus comprimée	EPB
$\bar{\sigma}_b$: $(= (0.85 \cdot f_{c28}) / \gamma_b)$: Contrainte du béton dans la zone comprimée pour un rectangle	SIGB
f_{c28} : Résistance caractéristique du béton	FC
γ_b : Coefficient de sécurité pour le béton	GB
M : Moment de flexion	M
A' : Section totale des armatures comprimées	AP
d' : Distance du centre de gravité des armatures comprimées à la fibre la plus comprimée	DP
h_o : Hauteur de la table de compression de poutre T	HO
b_o : Largeur de la nervure de la poutre en T	BO
σ'_s : Contrainte dans les armatures comprimées	SIGS

Liste des figures et tableaux

	<u>Pages</u>
Tableau 2.1	5
Tableau 2.2	8
Figure d.1.a	8
Figure d.1.b	9
Figure d.2.a	10
Figure d.2.b	10
Figure d.2.c	10
Figure II.3.a	12
Figure 6.1	14
Figure a.1	15
Figure a.2	16
Figure b.1	20
Figure B.I.1.a	37
Figure B.I.1.b	41
Figure 2.a	43
Figure 2.b	43
Figure a	47
Figure b	47
Figure c	47
Figure T.a	48
Figure T.b	48
Figure T.e	50
Figure T.f	50
Figure T.g	52

Figure T.h	52
Figure T.i	52
Figure T.j	52
Figure D.1	57

Chapitre I

INTRODUCTION

En 1848 Joseph Louis Lambot imagina d'associer intimement un réseau de barres et du béton de ciment ; ainsi naissait un nouveau matériau qui est le béton armé. En guise de première application pratique Lambot se construisit une barque en Béton Armé qu'il exposa à l'exposition universelle de Paris. Depuis ce jour, d'énormes progrès ont été réalisés dans le sens d'une meilleure connaissance du matériau et d'une maîtrise de ses lois de comportement.

Dès lors il importe de savoir comment associer le béton et les barres d'acier pour un bon fonctionnement du matériau face aux sollicitations. En effet le béton résiste fort bien aux contraintes de compression mais très mal aux contraintes de traction, alors que l'acier, par contre, y résiste très bien. D'où l'idée de placer des barres d'acier dans les zones où se produisent des efforts de traction, ces barres étant placées dans le sens de ces efforts; on pourra donc voir apparaître dans ces zones, de microfissures du béton sous l'effet des contraintes de traction mais les aciers empêcheront les fissures de s'ouvrir et prendront seuls à leur compte les efforts de traction.

Certes les soucis premiers furent de se doter des méthodes ou formules plus ou moins empiriques mais qui garantissaient une bonne sécurité des ouvrages construits en béton armé sans grandes attentes pour les considérations économiques.

Les développements de la science et de la technique, notamment les découvertes successives enregistrées dans la mécanique des matériaux en Résistance des matériaux, permirent par l'usage bien combiné de l'analyse théorique et de l'expérimentation scientifique, de mettre en place des formules de base suffisamment élaborées pour constituer des outils puissants pour l'analyse et le dimensionnement des éléments en béton armé.

Dans cette recherche constante d'équations plus précises, guidée par le souci de toujours mieux représenter les différents comportements non élastiques d'un matériau non homogène face aux diverses sollicitations, on est arrivé à établir des équations de plus en plus complexes. L'utilisation de ces équations permet certes d'obtenir des résultats plus affinés, combinant la sécurité et l'économie; cependant les calculs auxquels ils donnent lieu sont devenus fastidieux et prennent un temps considérable.

C'est ainsi que ce projet de fin d'étude se propose de mettre au point un logiciel d'analyse et de dimensionnement des sections de poutres et dalles en béton armé suivant le code canadien (Can 3A23-3 M84) et le code français (règles BAEL 83).

Après avoir exposé les hypothèses et théories qui soutendent les calculs aux états limites de contraintes suivant les deux normes, nous élaborerons les principaux organigrammes nécessaires pour la conception du logiciel et enfin présenterons le logiciel proprement dit. En dernière partie nous allons tester le logiciel avec différents cas concrets d'analyse et de dimensionnement des sections en Béton Armé.

Chapitre II

Rappels des notions fondamentales du calcul aux états limites de contraintes

Pendant près d'un siècle, le béton armé a été calculé "aux contraintes admissibles" définies à partir des contraintes de rupture de ces matériaux multipliées par un coefficient de performance inférieur à 1. On calculait les contraintes dans ces matériaux sous l'effet le plus défavorable des charges exactement prévues et elles ne devraient pas dépasser ces contraintes admissibles. La sécurité globale d'un ouvrage n'était donc assurée que par ces coefficients de performance, comme si le seul facteur d'insécurité était la résistance intrinsèque des matériaux utilisés. Aussi la méthode des contraintes admissibles ne nous donne pas des moyens de tenir compte du degré d'incertitude des diverses sortes de charges. La notion de sécurité a évolué et cherche, aujourd'hui, à prendre en compte tous les facteurs d'insécurité; ainsi on utilise actuellement un nouveau principe basé sur une théorie semi-probabiliste qui est à la base du Calcul "aux états limites".

On désigne par état limite, un état au de-là duquel l'ouvrage ou un de ces éléments cesse de répondre aux fonctions pour lesquelles il a été conçu.

2.1) Les différents états limites.

2.1.1) Etat limite ultime

Ils correspondent à la valeur maximale de la capacité portante de la construction et dont le dépassement entraînerait la

ruine de l'ouvrage. Ces états limites sont relatifs à la limite:

- _ soit de l'équilibre statique de l'ouvrage;
- _ soit de la résistance de l'un des matériaux utilisés;
- _ soit de la stabilité de forme d'un ou de plusieurs éléments de l'ouvrage.

2.1.2) Les états limites de service.

Ils constituent les limites au-delà desquelles les conditions normales d'utilisation de l'ouvrage ne sont plus satisfaites. Il s'agit de:

- _ la limite pour l'ouverture des fissures;
- _ la limite pour les flèches excessives.

2.2) Charges, combinaison de charges et facteurs de sécurité

2.2.1) Les charges

Il existe divers types de charges dont on doit tenir compte afin de définir la capacité portante des éléments en béton armé.

Nous avons:

- _ les charges permanentes (poids propre de la structure, des équipements fixes ...)

Elles sont représentées par le symbole:

D dans la norme canadienne

G dans la norme française

- _ les surcharges d'exploitation représentées par le symbole:

L dans le code canadien

Q_1 dans le code français (Q_1 charge variable de base)

- _ les charges dynamiques (vents, séisme)

symboles: Q dans la norme canadienne

Qi dans la norme française

Qi (ce sont les autres actions variables) $i > 1$
dites d'accompagnement .

_ charges de température

symbole : T dans la norme canadienne

Qi dans la norme française $i > 1$

2.2.2) Facteur de sécurité

Dans les deux codes on utilise des coefficients de majoration pour les différentes charges. Nous avons alors dépendamment des charges, les coefficients de pondération dans le tableau suivant:

Tableau 2.1

	Code canadien Can3 A23.3 3M84	Code français règle BAEL 83
Type de charges	Coefficients de Pondération	Coefficients de Pondération
Charge permanente Surcharge vive Vent, séisme Température	$\alpha_p = 1.25$ $\alpha_L = 1.50$ $\alpha_o = 1.50$ $\alpha_T = 1.25$	$\gamma_G = 1.35$ $\gamma_{Q1} = 1.50$ $\gamma_{Qi} = 1.20$ $\gamma_{Qs} = 0.80$

2.2.3) Combinaison de charges

_ Code canadien (Can3A23.M84)

Pour la combinaison des charges nous devons tenir compte de toutes les charges possibles dans un ouvrage et savoir aussi que toutes ces charges n'apparaîtront pas en même temps et avec la même probabilité. On distinguera:

_ les charges de service (S) qui constituent la somme de toutes les charges sans facteur de majoration.

_ les charges de design: elles sont la somme des charges majorées (symbole U).

* Pour les états limites ultimes on a:

$$U = \alpha_D D + \gamma \psi (\alpha_L L + \alpha_Q Q + \alpha_T T)$$

Les symboles α sont définis ci-avant.

ψ est le coefficient de simultanéité des charges, suivant l'article (Art 9.2.1 Can 3 A23.3M84) est égal à:

. 1 lorsqu'une seule des charges (L, Q ou T) est présente dans l'équation;

. 0.70 lorsque deux charges (L, Q ou T) est présente dans l'équation

. 0.60 lorsque les trois charges L, Q, T sont présentes dans l'équation.

γ est le coefficient de risque. $\gamma=1$ pour tous les bâtiments, exceptés ceux dont l'effondrement n'entraîne aucune conséquence grave, ni blessure. Pour ces derniers γ peut être réduit jusqu'à 0.8.

* Pour la vérification des exigences de tenue en service , la combinaison des charges sera:

$$S = D + \psi (L+Q+T)$$

les valeurs de ψ étant les mêmes que précédemment.

Code français (REGLES BAEL 83)

Pour déterminer les sollicitations auxquelles une construction est soumise on utilise les combinaisons d'action définies ci-après,

avec les notations suivantes:

G_{\max} : ensemble des actions permanentes défavorables;

$G_{\min i}$: ensemble des actions permanentes favorables;

Q_1 : une action variable dite de base;

Q_i : les autres actions variables dites d'accompagnement (avec $i > 1$);

* Combinaison à considérer pour les états-limites ultimes.

- Situations durables ou transitoires: la combinaison d'actions à considérer est représentée symboliquement par :

$$1.35G_{\max} + G_{\min i} + \gamma_{Q1}Q_1 + \sum \gamma_{Qi}Q_i$$

les valeurs des facteurs de pondération sont données au 2.2.2).

- Situation accidentelles: en désignant par F_A la valeur représentative de l'action accidentelle, la combinaison d'actions à considérer est:

$$G_{\max} + G_{\min i} + F_A + \sum \gamma_{Ai}Q_i$$

le coefficient γ_{Ai} a pour valeurs:

0.5 pour les effets dus à la température , s'il y a lieu de les prendre en compte .

* Combinaison à considérer pour les états limites de service:

Dans le cas général:

$$G_{\max} + G_{\min i} + Q_1 + \sum (\gamma_{Qi} / 1.3) Q_i$$

et dans le cas spécial des charges routières sans caractère particulier par:

$$G_{\max} + G_{\min i} + 1.2Q_1 + \sum (\gamma_{Qi} / 1.3) Q_i$$

* Nous avons enfin les coefficients de réduction des résistances des matériaux dans le tableau de la page suivante:

Tableau 2.2

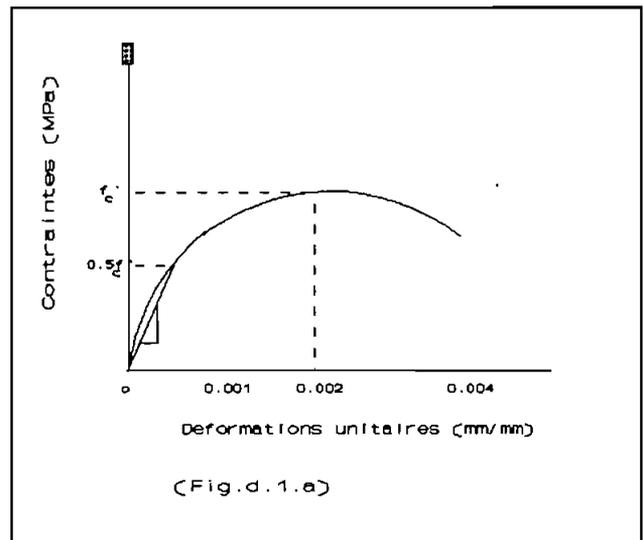
	Code Canadien M84	Code français BAEL83
Béton	$\phi_c = 0.6$	0.67 ($\gamma_b = 1.5$ pour les cas fréquents) ou 0.87 ($\gamma_b = 1.15$ pour les situations accidentelles)
Acier	$\phi_s = 0.85$	0.87 ($\gamma_s = 1.15$ pour les cas fréquents) ou 1 ($\gamma_s = 1$ cas accidentels)

2.2.4) Diagramme contrainte-déformation du béton et de l'acier

2.2.4.1) BETON

* Code canadien (Can3A23.3M84)

La contrainte maximale f'_c est atteinte pour un raccourcissement unitaire du béton de 0.003 à 0.004. L'article A23.3 permet d'utiliser une déformation unitaire maximale $\epsilon_c = 0.003$ pour



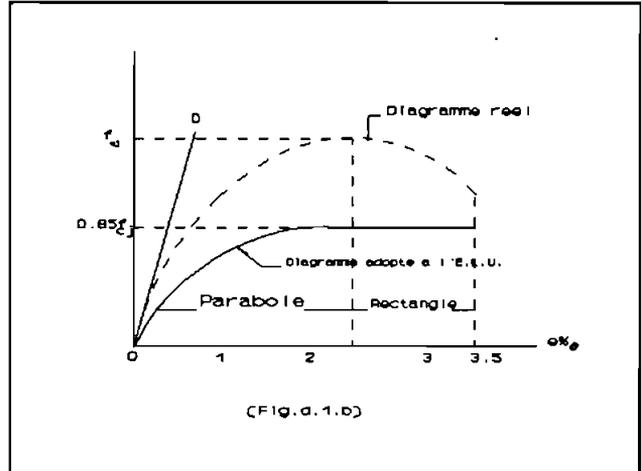
le calcul de la résistance en flexion des éléments en béton armé.

_ Le module d'élasticité dans le code canadien est:

$$E_c = \gamma_c^{1.5} * 0.0043 (f'_c)^{1/2} \quad \text{où } \gamma_c \text{ est la densité du béton.}$$

* Code français

Le diagramme en parabole rectangle est utilisé pour le calcul à l'état limite ultime; dans le calcul à l'état limite de service, on suppose que l'on reste dans le domaine élastique (droite OD)



- $f_{c j}$ = résistance caractéristique à la compression à j jours (MPa)

En pratique $f_{c j} = f_{c28}$.

Le raccourcissement maximal du béton est limité à 3.5‰

- Le module dans le code français est donné par :

* sous charges instantanées (< à 24h) : $E_{ij} = 11000 f_{c j}^{1/3}$.

On peut admettre pour de très grandes valeurs de j (j - ∞) :

$$E_{i\infty} = 11000 (1.1 f_{c28})^{1/3}$$

* Sous charge de très longue durée (action permanente) on admet, compte tenu du fluage :

$$E_{vj} = 1/3 E_{ij}.$$

2.2.4.2) Acier

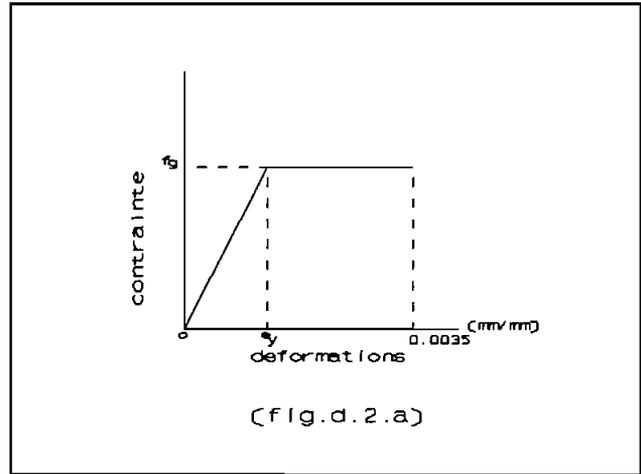
* Code canadien can3-M84

La figure 2.d.a ainsi que le module d'élasticité qui en résulte sont identiques que l'on se trouve en compression ou en traction.

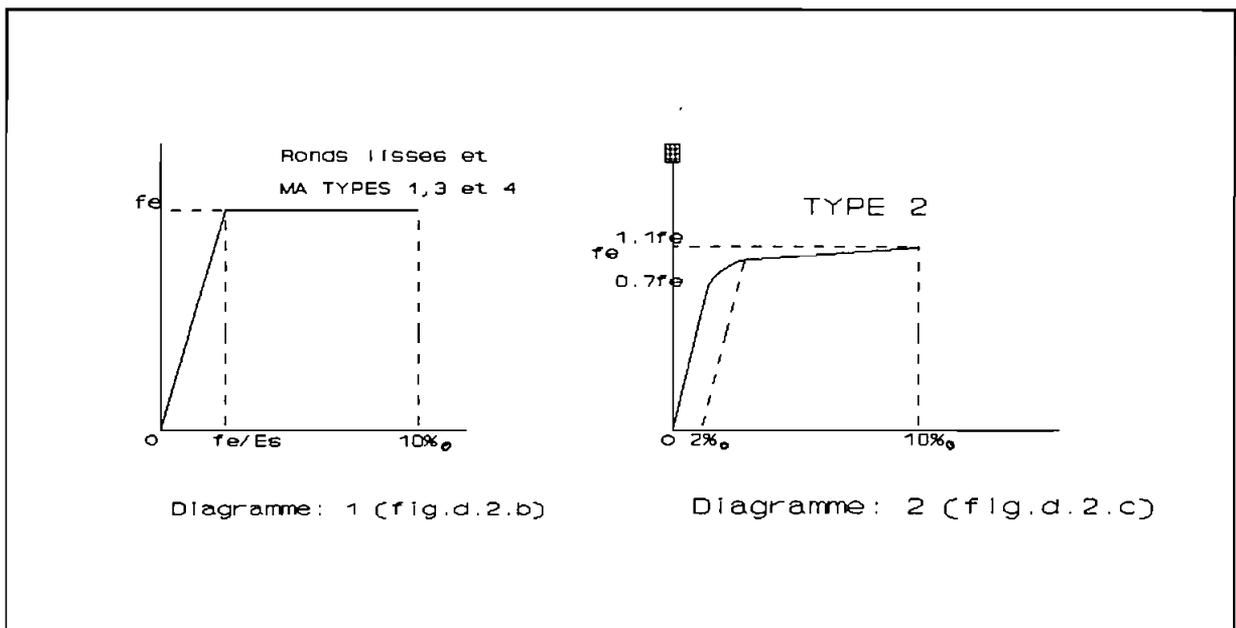
Le code canadien permet l'utilisation des barres d'armatures de limites d'élasticité 300, 350 ou 400 MPa . Lorsqu'on veut pour un

design particulier, choisir une limite élastique supérieure à 400MPa, la valeur de cette limite sera celle correspondant à un allongement unitaire de 0.0035 (Art. 421).

Le module d'élasticité de l'acier est: $E_s=200000$ MPa (Art.8.5.2).



* Code français



Les diagrammes sont symétriques par rapport à l'origine. On limite l'allongement des aciers à 10‰ .

* le diagramme 1 est celui des armatures à haute adhérence de type 1 ,3 et 4 et des ronds lisses:

$$\epsilon_s = (f_e / E_s) \quad \text{avec } E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

*Lorsqu'une grande précision est recherchée on applique le diagramme 2, celui des armatures à haute adhérence.

_ Pour $\sigma_s \leq 0.7f_e/\gamma_s$ $\epsilon_s = \sigma_s/E_s$

_ Pour $0.7f_e/\gamma_s < \sigma_s$ $\epsilon_s = \sigma_s/E_s + 0.823(\gamma_s\sigma_s/f_e - 0.7)^5$

($E_s = 200,000$ MPa).

N.B. Les règles BAEL 83 n'ont retenu que le diagramme 1. Mais ces règles précisent qu'"il est cependant possible d'utiliser un autre diagramme, se rapprochant du diagramme réel de l'acier employé, à condition de se référer à la valeur garantie de la limite d'élasticité f_c et de vérifier que l'augmentation de la résistance entre la limite élastique et la valeur correspondante à l'allongement de 10%, est effectivement obtenue."

2.3) Hypothèses de calculs

2.3.1) Norme canadienne

Les hypothèses fondamentales de calcul sont:

- 1_ Les déformations de l'acier d'armature et du béton sont directement proportionnelles à la distance mesurée à partir de l'axe neutre. (Art.8.3.2 et 10.2.2) c'est-à-dire une section plane avant chargement reste plane après chargement.
- 2_ La résistance du béton tendu doit être négligée ;
- 3_ A une même distance de l'axe neutre, la déformation dans l'acier est la même que dans le béton. Il y a compatibilité des déformations c'est-à-dire pas de glissement de l'armature sur le béton. Il y a adhérence parfaite des barres;
- 4_ Les forces internes sont en équilibres sous l'action des charges extérieures;

5_ A la fibre externe comprimée du béton, le raccourcissement unitaire maximal du béton ϵ_c à utiliser dans les calculs doit être limité à 0.003 (Art.8.3.3 et 10.2.3);

6_ La force dans l'acier d'armature doit être calculée à partir du diagramme contrainte-déformation de l'acier. Pour un acier d'armature de limite d'élasticité spécifiée de 400MPa ou moins , on peut faire les hypothèses suivantes :

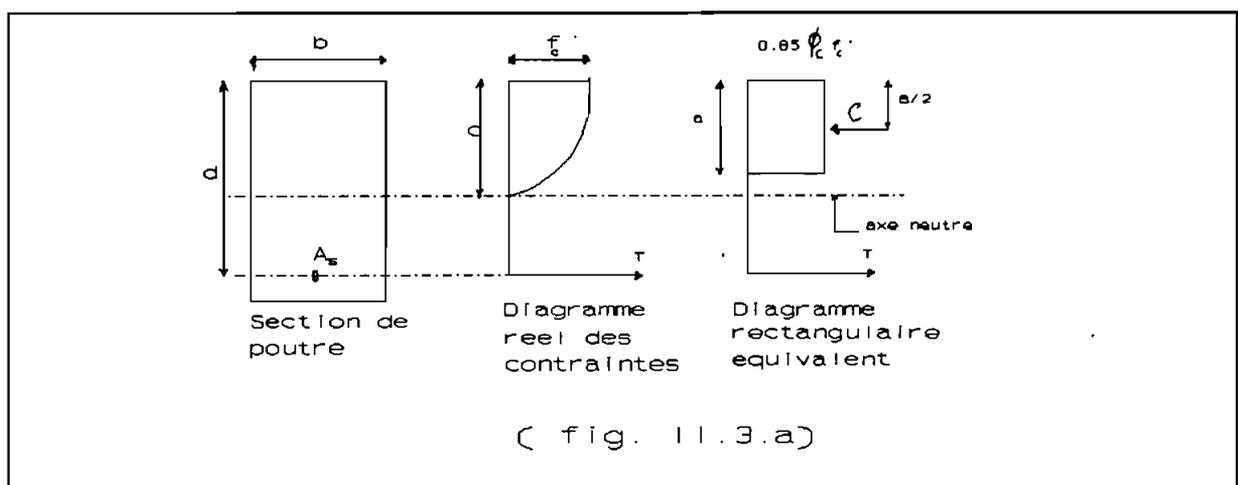
a) Pour les déformations unitaires $\epsilon_s = f_s / E_s$ inférieures à celle à la limite d'élasticité, $\epsilon_y = f_y / E_s$, la force dans l'acier doit être prise égale à :

$$\phi_s (E_s \epsilon_s A_s) = \phi_s f_s A_s \quad \text{où } \phi_s = 0.85.$$

b) Si $\epsilon_s > \epsilon_y$, la force dans l'acier doit être prise égale à :

$$\phi_s f_y A_s \quad \text{où } \phi_s = 0.85$$

7_ Pour le béton, le diagramme réel des contraintes a une forme parabolique (fig.d.1.a). Pour des raisons visant à faciliter le



calcul, la distribution rectangulaire équivalente (Whitney) est adoptée pour la contrainte maximum du béton:

$$0.85\phi_c f'_c \quad (\text{ Voir fig.II.3.a ci-dessus}).$$

$$a = \beta_1 c \quad \text{avec} \quad \beta_1 = \begin{cases} 0.85 & \text{si } f'_c \leq 30 \text{MPa} \\ 0.85 - 0.08((f'_c - 30)/10) & \text{sans être} \\ & \text{inférieure à } 0.65 \end{cases}$$

2.3.2) Norme française:

Les hypothèses de calcul 1,2 et 3 décrites dans la norme canadienne restent valables ici. Nous allons ajouter le complément:

4_ Raccourcissement ultime du béton : $\epsilon_{bu} = 3.5 \cdot 10^{-3}$ en flexion (soit 3.5‰) et $\epsilon_{bu} = 2.0 \cdot 10^{-3}$ en compression centrée (2‰)

5_ Allongement ultime des armatures limité à 10‰ .

6_ Le diagramme des déformations de la section, représenté par une droite, est supposé passer par l'un des trois points A, B ou C (fig.6.1). Ces points sont appelés pivots et définis de la manière suivante:

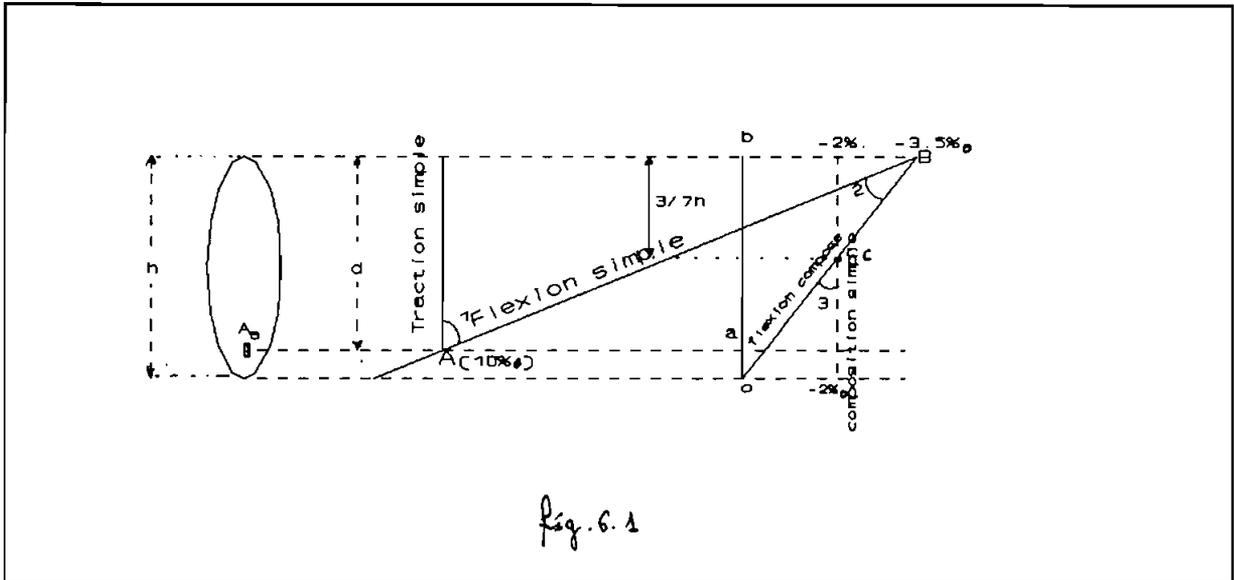
A correspond à un allongement de 10‰ de l'armature la plus tendue supposée concentrée au centre de gravité de l'ensemble des armatures tendues;

B correspond à un raccourcissement de 3.5‰ du béton de la fibre la plus comprimée;

C correspond à un raccourcissement de 2‰ de la fibre de béton située à une distance égale à $3/7h$ (h =hauteur totale de la section) de la fibre la plus comprimée.

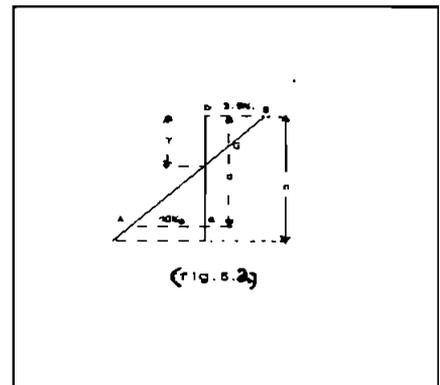
Nous distinguons trois diagrammes sur la figure 6.1: .

* Domaine 1: le diagramme des déformations passe par le point A.



Considérons la figure 6.2 qui est un cas limite pour le domaine 1. Nous pouvons déterminer une condition sur la distance de l'axe neutre à la fibre la plus comprimée (y) pour matérialiser le domaine 1:

$Bb/Aa=y/(d-y)$ soit $3.5/10=y/(d-y)$ d'où $y=0.2593d$, où d est la hauteur utile.



Donc si $y \leq 0.2593d$ le diagramme des déformations passe par le point A (Domaine 1).

* Domaine 2: Le diagramme des déformation passe par le point B. Il résulte de ce qui précède que le domaine 2 est caractérisé par:

$$0.2593d \leq y \leq h.$$

*Domaine 3: Le diagramme des déformations passe par le point C et la section est entièrement comprimée. Le domaine est caractérisé par: $y \geq h$.

Chapitre III

ETABLISSEMENT DES FORMULES DE DESIGN POUR LE LOGICIEL.

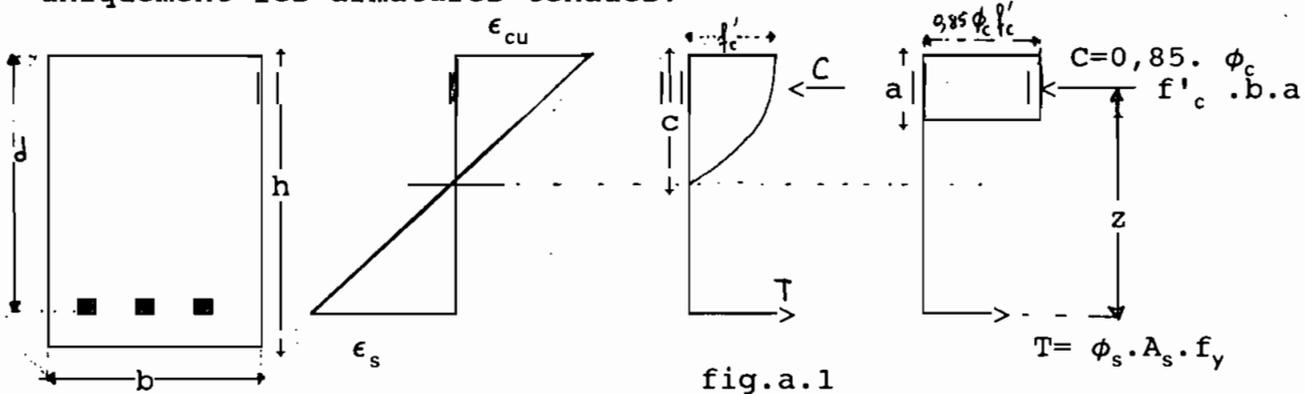
3.1) Selon la norme canadienne (Can3A23.3M84)

3.1.1) FLEXION SIMPLE

3.1.1.1) Poutres rectangulaires

3.1.1.1.1) Simplement armées :

La poutre rectangulaire simplement armée est celle qui comporte uniquement les armatures tendues.



Equilibre des forces internes

$$\text{Force de compression du béton : } C = 0,85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b \cdot a \quad [a.1]$$

$$\text{Force de traction dans l'armature d'acier : } T = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \quad [a.2]$$

Principe : La résistance ultime d'un élément sera déterminée en considérant en premier la rupture de l'acier d'armature. L'écoulement de l'acier se produira donc avant l'écrasement du béton.

$$\begin{aligned} \text{A l'équilibre } C = T &\implies 0,85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b \cdot a = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \\ &\implies a = \frac{\phi_s \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b} \end{aligned} \quad [a.3]$$

Calculons le moment résultant de la section :

$$M_r = T \cdot Z = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_r = 0,85 \cdot \phi_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,2 \cdot f'_c \cdot b} \right) \quad \text{N.mm} \quad [a.4]$$

Le rapport de la section d'acier A_s sur la section du béton ($b.d$) est représenté par le symbole " ρ ".

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} \quad [a.5]$$

$$M_r = 0,85.A_s.f_y.d \left(1 - \frac{f_y}{1,2.f'_c} \cdot \frac{A_s}{b.d} \right)$$

$$M_r = 0,85.f_y.\rho.b.d^2 \left(1 - \frac{f_y}{1,2.f'_c} \cdot \rho \right) \quad \text{N.mm} \quad [a.6]$$

En posant

$$K_r = 0,85.f_y.\rho \left[1 - \frac{f_y.\rho}{1,2.f'_c} \right] \quad \text{MPa} \quad [a.7]$$

On a

$$M_r = K_r.b.d^2 \quad [a.8]$$

$$M_r = K_r.b.d^2 . 10^{-6} \quad \text{kN.m} \quad [a.9]$$

$$b.d^2 = \frac{M_r.10^6}{K_r} \quad \text{mm}^3 \quad [a.10]$$

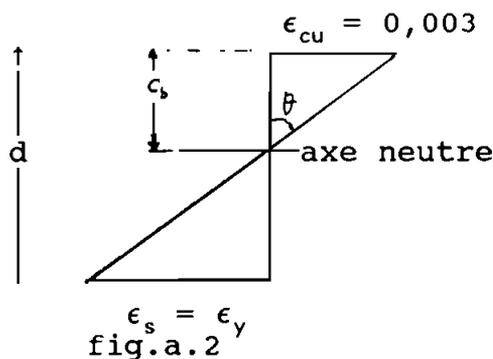
$$K_r = \frac{M_r.10^6}{b.d^2} \quad \text{Mpa} \quad [a.11]$$

Conditions balancées

Nous appelons section balancée, la section qui comporte un pourcentage d'acier ρ_{max} telle qu'il y ait rupture simultanée du béton et de l'acier:

$$f_s = f_y \implies \text{Ecoulement}$$

$$\epsilon_{c \max} = \epsilon_{cu} \implies \text{Ecrasement}$$



$$\frac{c_b}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \frac{0,003}{0,003 + f_y/2.10^5}$$

$$\frac{c_b}{d} = \frac{600}{600 + f_y} \quad [a.12]$$

$$c_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) . d \quad [a.13]$$

La valeur de c_b permet de positionner l'axe neutre aux conditions dites équilibrées.

A l'état d'équilibre des déformations unitaires, on a :

$$a = \beta_1 \cdot c = \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot d \quad [\text{a.14}]$$

$$\beta_1 = \begin{cases} 0,85 & \text{si } f'_c < 30 \text{ MPa} \\ 0,85 - 0,08 \left(\frac{f'_c - 30}{10} \right) & \text{sans être inférieur à } 0,65 \end{cases} \quad [\text{a.15}]$$

En mettant cette valeur de a dans l'équation [a.1] on obtient :

$$C = 0,85 \cdot 0,6 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) b \cdot d \quad [\text{a.16}]$$

$$T = 0,85 \cdot A_{sb} \cdot f_y \quad [\text{a.17}]$$

A_{sb} = armature tendue maximale = A_{smax}

$$\text{A l'équilibre } C = T \implies A_{sb} = 0,6 \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) b \cdot d \cdot \frac{f'_c}{f_y} \quad [\text{a.18}]$$

$$f_{max} = \bar{f}_b = \frac{A_{sb}}{b \cdot d}$$

$$\implies \bar{f}_b = 0,6 \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot \frac{f'_c}{f_y} \quad [\text{a.19}]$$

l'article (art. 10.5.1) impose un pourcentage minimal d'acier;

$$f_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad [\text{a.20}]$$

Discussion des proportions d'acier d'armature.

- $f < \bar{f}_b$, la section est sous-armée (rupture ductile)
- $f = \bar{f}_b$, Section équilibrée
- $f > \bar{f}_b$, Section sur-armée (rupture brusque)

N.B : En B.A on préfère avoir des ruptures ductiles donc on fait des sections sous-armées . Ceci permettra de se rendre compte de grandes déformations qui précèdent la rupture.

Analyse : Les dimensions et la quantité d'acier d'armature tendue d'une section d'une poutre sont données. Il s'agit de calculer le moment résistant M_r de cette section.

Procédure :

1 °) a) On calcule :
$$f = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$f_{\min} \text{ et } f_{\max} = \bar{f}_b$$

b) On vérifie si $f_{\min} < f < \bar{f}_b$

- Si oui on continue à l'étape 2

- Si non on conclut que la section n'est pas bonne en B.A.

2°) On calcule
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,6 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$M_r = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} \quad \text{kN.m}$$

Design : Le moment pondéré M_f dû à la combinaison la plus défavorable des charges pondérées est calculé. Il s'agit de déterminer les dimensions et l'armature tendue de la section d'une poutre dont le moment résistant M_r est au moins égal à M_f .

*** Quelques règles de bonne pratique :**

* La bonne pratique suggère : $0,5 \cdot \bar{f}_b < f < 0,6 \cdot \bar{f}_b$, ce qui assurera une bonne résistance, une bonne ductilité, un bon comportement au point de vue des flèches et de la fissuration mais aussi une section économique.

* La largeur et la hauteur utile de la poutre peuvent être déterminées économiquement en utilisant la règle suivante :

$$1,5 < \frac{d}{b} < 2 \quad \text{pour les poutres dites secondaires}$$

$$1,5 < \frac{d}{b} < 3 \quad \text{pour les poutres principales}$$

* La profondeur pourra être calculée dans un premier essai à partir du critère de la flèche.

(Norme Can3 .A23.3 M84 : Art 9.5.5.2)

LISTE DES FORMULES FONDAMENTALES (A.23.3 M 84)

***) Poutres rectangulaires simplement armées**

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,6 \cdot f'_c \cdot b} \quad \text{mm}$$

$$M_r = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} \quad \text{kN.m}$$

$$K_r = 0,85 \cdot \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,2 \cdot f'_c} \right) \quad \text{MPa}$$

$$M_r = b \cdot d^2 \cdot K_r \cdot 10^{-6} \quad \text{kN.m}$$

$$A_{s \text{ approx}} = \frac{M_f \cdot 10^6}{\phi_s \cdot f_y \cdot 0,9 \cdot d} \quad \text{mm}^2$$

$$\rho_{\max} = \rho_b = 0,6 \cdot B_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$B_1 = \begin{cases} 0,85 \text{ pour } f'_c \leq 30 \text{ MPa} \\ 0,85 - 0,08 \left(\frac{f'_c - 30}{10} \right) < 0,65 \text{ pour } f'_c > 30 \text{ MPa} \end{cases}$$

PROCÉDURE A SUIVRE POUR LE DESIGN .

1 _ Etablir les charges et calculer les moments pondérés.

Une règle de bonne pratique consiste en général à ajouter 10% à la charge totale pondérée pour tenir compte du poids propre de la poutre.

2 _ Choisir la valeur de β et calculer Kr

3 _ Déterminer les dimensions b et d .

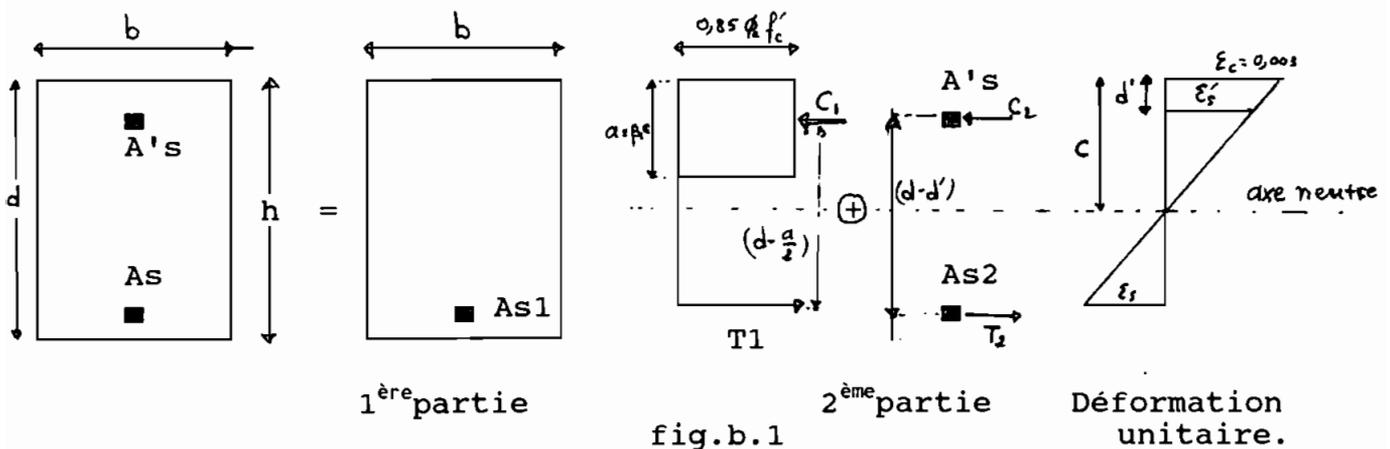
4 _ Calculer la section d'armature et la profondeur totale de la poutre

5 _ Vérifier le poids propre et réviser Kr .
Ajuster suivant l'approximation linéaire :

$$\beta = \beta_{\text{original}} \cdot \frac{Kr_{\text{nouveau}}}{Kr_{\text{original}}}$$

6 _ Calculer la section d'armature définitive et vérifier l'espacement des barres.

3.1.1.1.2) **Poutre rectangulaires doublement armées**



Pour établir les formules on peut considérer les forces agissant sur la section à l'état limite ultime , en deux parties:

Une première constituée par la section de poutre simplement armée avec l'armature tendue A_{s1} .

Une deuxième partie constituée par l'armature tendue A_{s2} et l'armature comprimée A'_s . (voir fig b.1)

A_s = armature tendue ; A'_s = armature comprimée

On a: $A_{s1} = A_s - A_{s2}$

C_1 = force de compression agissant sur la partie comprimée de la section

C_2 = force de compression dans l'armature comprimée

T_1 et T_2 = force de traction dans les armatures tendues A_{s1} et A_{s2}

Pour établir les formules , supposons que la déformation unitaire de l'armature comprimée n'atteint pas le palier de ductilité

on a alors :

$$\epsilon'_s < \epsilon_y \quad f'_s = E_s \epsilon'_s < f_y$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Du diagramme des déformations de la figure b.1, on obtient:

$$\frac{\epsilon'_s}{c - d'} = \frac{0.003}{c} \implies \epsilon'_s = \frac{0.003 (c - d')}{c} \quad [b.1]$$

et

$$f'_s = E_s \cdot \epsilon'_s = E_s \cdot 0.003 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \quad [b.2]$$

d'autre part $C_1 = 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b \cdot a$, et $a = \beta_1 \cdot c$

d'où $C_1 = 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c$ [b.3]

et $C_2 = A'_s (\phi_s \cdot f'_s - 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c)$ [b.4]

Le terme $0,85 \phi_c \cdot f'_c$ dans l'équation [b.4] tient compte du béton remplacé par l'acier et compris dans C_1 .

Pour l'équilibre statique de la section, on doit avoir:

$$T_1 = \phi_s \cdot f_y \cdot A_{s1} = C_1$$

$$T_2 = \phi_s \cdot f_y \cdot A_{s2} = C_2$$

En remplaçant C_2 par sa valeur tirée de l'équation [b.4] on a :

$$\phi_s \cdot f_y \cdot A_{s2} = A'_s \cdot (\phi_s \cdot f'_s - 0,85 \cdot \phi_c \cdot f'_c)$$

$$\text{d'où } A_{s2} = \frac{A'_s \cdot f'_s - \phi_c \cdot f'_c}{f_y} \quad [\text{b.5}]$$

En portant f'_s de l'équation [b.2] dans l'expression de C_2 de l'équation [b.4] On a :

$$C_2 = 0,85 \cdot A'_s [E_s \cdot 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right) - 0,6 \cdot f'_c] \quad [\text{b.6}]$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$T_1 = A_s \cdot 0,85 \cdot f_y = C_1 + C_2 \quad [\text{b.7}]$$

Remplaçons dans cette équation [b.7] , C_1 et C_2 par leurs valeurs tirées des équations [b.3] et [b.6], on trouve le relation.

$$0,85 \cdot f_y \cdot A_s = 0,85 \cdot 0,6 f'_c b \beta_1 \cdot c + 0,85 A'_s [E_s \cdot 0,003 \frac{c - d'}{c} - 0,6 f'_c]$$

d'où l' on tire l'équation du second degré en c :

$$(0,6 f'_c b \beta_1) c^2 + [0,003 A'_s E_s - A_s f_y - 0,6 A'_s f'_c] c - (0,003 A'_s E_s d') = 0 \quad [\text{b.8}]$$

De cette équation [b.8] on peut calculer la valeur de c donc celle de $a = \beta_1 \cdot c$

Le moment résistant pondéré de la section doublement armée est égal à la somme des moments des couples C_1 , T_1 et C_2 , T_2 .

$$M_r = M_1 + M_2 = C_1 \left(d - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) + C_2 (d - d') \quad [b.9]$$

En remplaçant C_1 et C_2 par leurs valeurs :

$$M_r = 0.85 \cdot 0.6 f'_c \beta_1 c b \left(d - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) + 0.85 A'_s [E_s \cdot 0.003 \frac{c - d}{c} - 0.6 \cdot f'_c] (d - d') \quad [b.10]$$

FORMULES SIMPLIFIEES .

Pour établir les formules simplifiées, on suppose que la déformation unitaire de l'armature comprimée atteint le palier de ductilité, ce qui est presque toujours le cas.

On a alors $\epsilon'_s > \epsilon_y$ $f'_s = f_y$

et $\epsilon_s > \epsilon_y$

De la figure b.1 on a

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$C_1 = 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b \cdot a \quad [b.11]$$

$$T_1 = \phi_s \cdot f_y \cdot A_{s1}$$

$$C_2 = A'_s (\phi_s \cdot f'_s - 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c) \quad [b.12]$$

En négligeant le terme $0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c$ qui tient compte du béton remplacé par l'acier et compris dans C_1 , et en remplaçant f'_s par f_y dans l'équation [b.12], on obtient :

$$C_2 = \phi_s \cdot f_y \cdot A'_s \quad [b.13]$$

$$T_2 = \phi_s \cdot f_y \cdot A_{s2}$$

Pour l'équilibre statique de la section :

$$C_1 = T_1 \implies 0.85 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$\text{d'où} \quad a = \frac{f_y \cdot A_{s1}}{0.6 \cdot f'_c \cdot b} \quad [\text{b.14}]$$

$$\text{De même :} \quad C_2 = T_2 \implies \phi_s \cdot f_y \cdot A'_s = \phi_s \cdot f_y \cdot A_{s2}$$

$$\text{ce qui entraîne} \quad A_{s2} = A'_s \quad [\text{b.15}]$$

Les moments de ces couples sont donnés par :

$$M1 = T_1 \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.85 \cdot f_y \cdot A_{s1} \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad [\text{b.16}]$$

$$M2 = C_2 (d - d') = 0.85 \cdot f_y \cdot A'_s (d - d') \quad [\text{b.17}]$$

Le moment résistant pondéré M_r est donné par :

$$M_r = M1 + M2 = 0.85 f_y A_{s1} \left(d - \frac{a}{2} \right) + 0.85 f_y A'_s (d - d') \quad [\text{b.18}]$$

L'approximation obtenue avec les formules simplifiées est très bonne.

ARMATURE TENDUE MAXIMALE PERMISE :

L'armature tendue maximale permise dans une section rectangulaire doublement armée ne doit pas dépasser celle à l'état d'équilibre des déformations unitaires :

On doit donc avoir :

$$A_{s\max} = (A_{s1} + A_{s2})_{\max} = A_{sb}$$

$$\rho_{\max} = \frac{A_{s\max}}{b \cdot d} \quad \text{et} \quad \rho_b = \frac{A_{sb}}{b \cdot d}$$

$$\text{On doit avoir} \quad \rho_b = \rho_{\max} = \frac{A_{sb}}{b \cdot d} \quad \rho_b = \frac{(A_{s1} + A_{s2})_{\max}}{b \cdot d}$$

l_b est composée de deux parties : La partie l_1 correspondant à A_{s1} comme poutre simplement armée . Elle est dénotée \bar{l}_b .

$$l_1 = \bar{l}_b = 0.6.B_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \frac{f'_c}{f_y} \quad [b.19]$$

Pour la partie correspondant à A_{s2} , la formule [b.5] nous donne :

$$A_{s2} = \frac{A'_s (f'_{sb} - \phi_c \cdot f'_c)}{f_y} \quad [B.20]$$

$$\text{Posons } l' = \frac{A'_s}{b.d} \implies \frac{A_{s2}}{b.d} = l' \left(\frac{f_{sb} - \phi_c \cdot f'_c}{f_y} \right) \quad [b.21]$$

$$\text{d'où } l_{\max} = l_b = \bar{l}_b + l' \left(\frac{f'_{sb}}{f_y} - \frac{\phi_c \cdot f'_c}{f_y} \right) \quad [b.22]$$

En négligeant le terme $\phi_c \cdot f'_c$, on trouve :

$$l_{\max} = l_b = \bar{l}_b + l' \frac{f'_{sb}}{f_y} \quad [b.23]$$

f'_{sb} = contrainte de compression dans l'armature comprimée à l'état d'équilibre des déformations unitaires, qu'on a supposé être inférieur à f_y .

Dans presque tous les cas : $\epsilon'_s > \epsilon_y$, $\epsilon'_{sb} > \epsilon_y$

et $f'_s = f'_{sb} = f_y$;

donc l'équation [b.23] devient :

$$l_{\max} = l_b = \bar{l}_b + l' \quad [b.24]$$

***Procédure d'analyse pour poutre rectangulaire doublement armée :**

1°) Calcul de :

$$\beta = \frac{A_s}{b d} ; \beta' = \frac{A'_s}{b d} ; \bar{\beta}_b = 0.6 \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \frac{f'_c}{f_y} ;$$

$$\beta_b = \bar{\beta}_b + \beta'$$

2°) Vérification sur les conditions de rupture ductile :

$\beta < \bar{\beta}_b$? $\begin{cases} \text{Oui} \implies \text{Calcul comme poutre simplement armée} \\ \text{Non} \implies \text{Calcul comme poutre doublement armée} \end{cases}$

$\beta < \beta_b$? $\begin{cases} \text{Oui} \implies \text{Rupture ductile} \\ \text{Non} \implies \text{pas acceptable en béton armé} \end{cases}$

3°) Vérification de l'acier de compression

On calcule : $0.6 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{600}{600 - f_y}$

$0.6 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{600}{600 - f_y} < (\beta - \beta') ?$

$\begin{cases} \text{Oui: l'acier de compression s'écoule.} \\ \text{Non: l'acier de compression ne s'écoule pas.} \end{cases}$

4°) Calcul de M_R :

$$M_R = 0.51 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \left(b - \frac{a}{2} \right) + 0.85 \cdot A'_s \cdot f_y \cdot (d - d')$$

avec $a = \frac{f_y \cdot d \cdot (\beta - \beta')}{0.6 \cdot f'_c}$

* DESIGN

Les critères de design pour une poutre rectangulaire doublement armée sont presque les mêmes que ceux qui ont déjà été définis pour une poutre rectangulaire simplement armée à savoir :

- Le critère de la profondeur minimale
- La règle de bonne pratique pour le rapport d/b
- Les règles d'enrobage et de disposition des armatures
- la règle du pourcentage d'acier d'armature

$$0,6 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{600}{600 - f_y} < \rho - \rho' < 0,85 \cdot \bar{\rho}_b$$

* PROCÉDURE POUR LE DESIGN DES SECTIONS RECTANGULAIRES DOUBLEMENT ARMÉES

- 1°) Etablir les charges, calculer le moment pondéré, ajouter 10% à la charge totale pondérée pour tenir compte du poids propre de la poutre.
- 2°) Déterminer la capacité en flexion de la section (M_{R1}) comme si elle était simplement armée en utilisant la quantité maximale permise soit $0,85 \cdot \bar{\rho}_b$ (règle de bonne pratique).
- 3°) Calculer la différence de moment qui devra être reprise par l'acier de compression ; Vérifier f'_s .
- 4°) Calculer la section d'acier de compression A'_s . Vérifier les espacements.

3.1.1.2 Poutre en T

Exigences du A23-3M84 concernant la table de compression des sections en T.

A°) Pour une poutre symétrique en T, simplement appuyée, la largeur effective b de la table à retenir pour les calculs doit être égale à la plus faible des valeurs suivantes:

- 1) $0.4 * \text{portée de la poutre}$
- 2) $24 * h_f + b_w$
- 3) L'espace entre les axes des poutres adjacentes.

B) Pour une poutre symétrique en T, continue, la largeur effective b de la table à retenir pour les calculs doit être égale à la plus faible des valeurs suivantes:

- 1) $0.25 * \text{portée de la poutre}$
- 2) $24 * h_f + b_w$
- 3) L'espace entre les axes des poutres adjacentes.

C) Pour une poutre avec une table de compression d'un côté de la nervure seulement (en forme de L renversé) la largeur effective b de la table à retenir pour les calculs doit être égale à la plus faible des valeurs suivantes:

- 1) $1/12 * \text{portée de la poutre} + b_w$
- 2) $6 * h_f + b_w$
- 3) $b_w + 1/12 \text{ fois la distance libre } e_n$.

D) Pour une poutre isolée, où la section en T est utilisée pour augmenter l'aire de la partie comprimée de la section, l'épaisseur de la table doit être au moins égale à la moitié de la largeur de la nervure et la largeur effective de la table ne doit pas être plus de 4 fois la largeur de la nervure.

E) Là où les tables des poutres en T sont tendues, une partie de l'armature tendue ne doit pas être distribuée sur la plus petite des dimensions suivantes:

Soit la largeur effective b de la table, soit une largeur de table égale à $1/10$ de la portée de la poutre, il faut mettre de l'armature longitudinale additionnelle dans les poutres extrêmes de la table.

Remarques: Les exigences A, B, C et D, en limitant la largeur b de la table de compression, permettent pour simplifier les calculs de faire l'hypothèse que les contraintes dues à la flexion sont uniformes à travers la largeur de la table en T.

L'exigence E permet le contrôle des fissures de la partie tendue de la table de la section en T.

* Analyse du comportement de la section en T:

Simplement Armée

Pour analyser le type de comportement de la section, on détermine d'abord l'expression du moment équilibré par la table de compression seule à l'état limite ultime, ainsi que l'aire de l'armature tendue inférieure correspondant à ce moment .

Dans ce cas: $a=h_f$.

La force de compression C agissant sur la table est donnée par:

$$C = 0.85\phi_s f'_c b h_f \quad (\text{c.T.1})$$

La force de traction dans l'armature tendue est donnée par:

$$T = \phi_s A_s f_y \quad (\text{c.T.2})$$

Pour l'équilibre statique de la section ,on doit avoir:

$$C = T$$

$$\text{d'où } 0.85\phi_c f'_c b h_f = \phi_s A_s f_y \quad (\text{c.T.3})$$

Le moment du couple C,T est le moment équilibré par la table de compression seule à l'état limite ultime. Ce moment dénoté $M_{réf}$ est donné par:

$$M_{réf} = C(d - h_f/2) = 0.85\phi_c f'_c b h_f (d - h_f/2) \quad (\text{c.T.4})$$

L'aire de l'armature tendue inférieure correspondant au moment $M_{réf}$ et désignée par $A_{sréf}$ résulte de l'équation (c.T.3).

On a donc:

$$A_{sréf} = \frac{\phi_c f'_c b h_f}{f_y} \quad (\text{c.T.5})$$

Lorsque l'aire de l'armature tendue inférieure A_s que contient la section d'une poutre en T est plus petite que l'aire $A_{s\text{réf}}$ ou lorsque le moment pondéré $M_{\text{réf}}$ sollicitant la section est plus petit que $M_{\text{réf}}$, c'est-à-dire:

$A_s < A_{s\text{réf}}$ ou $M_f < M_{\text{réf}}$ la dimension de la table de compression est surabondante pour équilibrer M_f et la section se comporte comme une section rectangulaire $b \cdot d$. Les calculs sont alors identiques à ceux déjà vus pour une poutre rectangulaire.

Dans le cas où $A_s > A_{s\text{réf}}$ ou $M_f > M_{\text{réf}}$, la section se comporte comme une section en T, car la table de compression est insuffisante et l'équilibre statique de la section nécessite la participation d'une partie de la nervure sous la table. On a alors:

$$a > h_f$$

* Etablissements des formules fondamentales

Pour établir les formules, on divise l'aire comprimée du béton en deux parties. L'aire 1 est constituée par la nervure et l'armature tendue A_{s1} et l'aire 2 qui est constituée par la partie de la table de compression $(b-b_w)h_f$ en dehors de la nervure, et l'armature tendue A_{s2} .

Les forces agissant sur ces parties sont telles que:

On a:

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$C_1 = 0.85\phi_c f'_c b_w a \quad (\text{a.T.6})$$

$$T_1 = \phi_s A_{s1} f_y \quad (\text{a.T.7})$$

$$C_2 = 0.85\phi_c f'_c (b-b_w) h_f \quad (\text{a.T.8})$$

$$T_2 = \phi_s A_{s2} f_y \quad (\text{a.T.9})$$

Pour l'équilibre statique de la section on doit avoir:

$$T_1 + T_2 = C_1 + C_2$$

$$T_1 + T_2 = \phi_s A_s f_y$$

$$\text{d'où: } \phi_s A_s f_y = 0.85(\phi_c f'_c b_w a + \phi_c f'_c (b-b_w) h_f) \quad (\text{a.T.10})$$

$\phi_s = 0.85$ et $\phi_c = 0.6$; de l'équation (a.T.10) on tire A_s

$$A_s = \frac{0.6 f'_c b_w a + 0.6 f'_c (b-b_w) h_f}{f_y} \quad (\text{a.T.11})$$

$$a = \frac{A_s f_y - 0.6 f'_c (b-b_w) h_f}{0.6 f'_c b_w} \quad (\text{a.T.12})$$

$$M_r = C_1 (d-a/2) + C_2 (d-h_f/2) \quad (\text{a.T.13})$$

En remplaçant C_1 et C_2 par leurs valeurs:

$$M_r = 0.85\phi_c f'_c b_w a (d-a/2) + 0.85\phi_c f'_c (b-b_w) h_f (d-h_f/2) \quad (\text{a.T.14})$$

$$T_2 = C_2 \quad A_{s2} = \frac{0.6 f'_c (b-b_w) h_f}{f_y} \quad (\text{a.T.15})$$

En posant: $f = A_s/b_w d$ et $f_f = A_{s2}/b_w d$

$$a = \frac{f_y(A_s - A_{s2})}{0.6f'_c b_w} = \frac{f_y d (f - f_f)}{0.6f'_c} \quad (\text{a.T.16})$$

* L'armature tendue maximale permise dans une section se comportant en T ne doit dépasser celle à l'état d'équilibre des déformations unitaires. On doit donc avoir:

$$A_{s\max} = (A_{s1} + A_{s2})_{\max}$$

On pose $f_{\max} = \frac{A_{s\max}}{b_w d}$

On doit avoir:

$$f_{\max} = f_b = \frac{A_{sb}}{b_w d} = \frac{(A_{s1} + A_{s2})_{\max}}{b_w d}$$

$$\bar{f}_b = 0.6\beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

$$f_f = \frac{A_{s2}}{b_w d} = \frac{0.6f'_c (b - b_w) h_f}{f_y b_w d} \quad (\text{a.T.17})$$

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b_w d} = \bar{\rho}_b + \rho_f \quad (\text{a.T.18})$$

$$\text{et } \rho_{\max} = \rho_b = \bar{\rho}_b + \rho_f \quad (\text{a.T.19})$$

* Armature tendue maximale

Comme on l'a vu précédemment, pour qu'une section se comporte en T_e, il faut que l'armature tendue A_s qu'elle contient satisfasse la relation suivante:

$$A_s > A_{s\text{réf}} = \frac{\phi_c f'_c b h_f}{f_y}$$

d'où

$$1^\circ) \rho_{\min} > \frac{\phi_c f'_c b h_f}{b_w d f_y} \quad (\text{a.T.20})$$

Mais il faut toujours que: $\rho > 1.4/f_y$ avec $\rho = \frac{A_s}{b_w d}$

$$2^\circ) \rho_{\min} > \frac{1.4}{f_y} * \frac{b_w}{b}$$

N.B. C'est la plus grande des valeurs qui constitue ρ_{\min} .

3.1.1.3) Dalles armées selon une direction.

On admet qu'une dalle pleine porte dans une direction lorsque la longueur du grand côté est égale à au moins deux fois celle du petit côté, ces longueurs étant mesurées entre nus des appuis.

Méthodes de calcul

Une dalle pleine portant dans une direction se calcule comme une poutre de largeur $b=1000\text{mm}$. Dans les dalles on ne désire pas utiliser les étriers pour l'effort tranchant. C'est pourquoi on choisit, dans le cas échéant, une épaisseur de dalle suffisante pour pouvoir supporter l'effort tranchant sans être obligé d'utiliser les étriers.

Pour éviter toute ambiguïté, l'armature requise pour le moment fléchissant est spécifiée par le numéro des barres à utiliser avec l'espacement entre les axes de ces barres et non par le nombre de barres par mètre de largeur de dalle.

A cet effet on a préparé un tableau (voir annexe N°1) qui suivant les dimensions et les espacements des barres, donne l'aire en mm^2 de l'armature requise par les calculs, par mètre de largeur de dalle.

* Pour une dalle d'une travée, simplement appuyée, si la charge est uniforme, le moment fléchissant pondéré maximal pour une bande de un mètre de largeur est égale à: $M_f = w_f l^2 / 8$.

w_f = charge pondérée par mètre carré de dalle.

l = distance libre entre nus d'appuis, plus l'épaisseur de la dalle.
Cette portée ne doit pas dépasser la distance entre les axes des appuis (art 8.7.1)

*Lorsque la dalle pleine portant dans une direction est continue sur plusieurs travées et que les exigences de l'article 8.3.3 du A.23.3M84 sont remplies, alors on peut calculer cette dalle continue par la méthode des valeurs forfaitaires exposée à l'annexe (c'est tiré de la page 198 Réf N°1) .Si les exigences de l'article 8.3.3 ne sont pas remplies, il faut calculer la dalle par la méthode de Cross.

3.2) Selon la norme Française (Règle BAEL 83)

3.2.1) Flexion simple

3.2.1.1) Poutres rectangulaires

3.2.1.1.1) Simplement armées

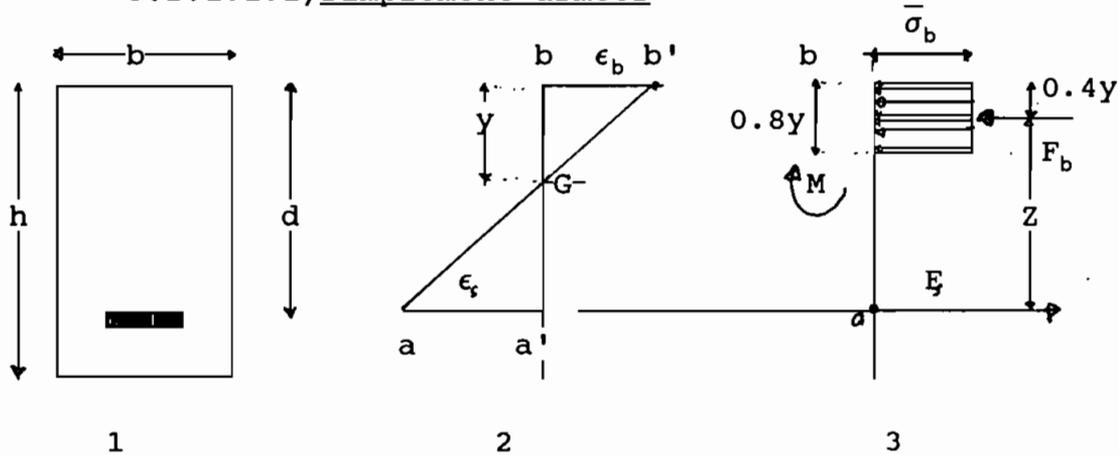


Figure (BI1a)

Considérons la section rectangulaire représentée à la figure (BI1a), cette section est soumise à un moment M . Les diagrammes des déformations et contraintes sont représentés sur la figure.

La résultante des efforts de compression dans le béton est :

$$F_b = 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot y \quad (a.1)$$

La résultante des efforts de traction dans les aciers a pour valeur :

$$F_s = A \cdot \sigma_s \quad (a.2)$$

A l'équilibre : $F_s = F_b \implies A \cdot \sigma_s = 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot y \quad (a.3)$

$$M - F_b \cdot Z = 0 \implies M - 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot y \cdot Z = 0 \quad (a.4)$$

$$M - F_s \cdot Z = 0 \implies M - A \cdot \sigma_s \cdot Z = 0 \quad (a.5)$$

Posons $y = \alpha \cdot d$, $Z = \beta \cdot d$ et $\mu = \frac{M}{\sigma_b \cdot b \cdot d^2}$ $0 < \alpha \leq 1$
 $0 < \beta \leq 1$

$$Z = d - 0.4 \cdot y = (1 - 0.4\alpha) \cdot d$$

Donc $\beta = 1 - 0.4 \cdot \alpha \quad (a.6)$

L'équation a.4 s'écrit alors : $M - 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot y \cdot Z = M - 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot \alpha \cdot d \cdot \beta \cdot d = 0$

$$\implies M - 0.8 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d^2 = 0$$

$$\text{or } B=1-0.4\alpha \quad \Longrightarrow M-0.8\sigma_b \cdot b \cdot \alpha(1-0.4\alpha) \cdot d^2=0$$

$$\text{d'où } \mu=0.8\alpha \cdot (1-0.4\alpha) \quad (\text{a.7})$$

$$0.32\alpha^2 - 0.8\alpha + \mu = 0$$

$$\alpha = \frac{1 - \sqrt{1 - 2\mu}}{0.8} \quad (0 < \alpha \leq 1) \quad (\text{a.8})$$

* Si $\alpha \leq 0.2593$, nous sommes dans le domaine 1 et le diagramme des déformations passe; par le pivot A, donc $\epsilon_s = 10\%$

$$\text{* A } \alpha=0.2593, \mu = 0.8\alpha \cdot (1-0.4\alpha) = 0.1859 = 0.186.$$

* Si $0.2593 \leq \alpha \leq 1$, nous sommes dans le domaine 2 et le diagramme des déformations passe par le pivot B. Pour $\alpha=1$, $\mu=0.480$

Nous aurons alors $0.186 \leq \mu \leq 0.480$ et le raccourcissement du béton de fibre extrême sera $\epsilon_b = 3.5\%$

La considération des triangles semblables Gaa' et Gbb' (diagramme des déformations de la figure B1a nous donne, pour l'allongement ϵ_s de l'acier:

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_b} = \frac{Ga}{Gb} = \frac{1000\epsilon_s}{3.5} = \frac{d-y}{y} = \frac{d-\alpha \cdot d}{\alpha \cdot d} = \frac{1-\alpha}{\alpha}$$

$$\implies \epsilon_s = 3.5\% \cdot (1/\alpha - 1)$$

$$\text{d'où } 1000\epsilon_s = 3.5 \cdot (1/\alpha - 1) \quad (\text{a.9})$$

En remplaçant $Z=B$ dans l'équation a.5 nous obtenons :

$$M - A \cdot \sigma_s \cdot Z = 0 \implies M - A \cdot \sigma_s \cdot \beta \cdot d = 0$$

$$\text{d'où } A = \frac{M}{\sigma_s \cdot \beta \cdot d} \quad (\text{a.10})$$

Les valeurs limites $\alpha_l, \epsilon_l, \mu_l, \beta_l$ sont définies ci-après.

* Si $\mu \leq \mu_l$, la section sera armée uniquement par des armatures tendues.

* Si $\mu > \mu_l$, la section sera armée uniquement par des armatures tendues et des armatures comprimées.

Poutres rectangulaires simplement armées (Règles BAEL 83)

Formules fondamentales et unités

$$\mu = \frac{M}{\sigma_b * b * d^2} \quad \text{d'où } \alpha, \beta, 1000\epsilon_s, \text{ et } \sigma_s$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s * \beta * d}$$

M est en kN.m

b et d en cm

σ_b et σ_s en MPa

A est en cm²

* Pour les aciers ronds lisses , barres à haute adhérence type 1 , fils à haute adhérence type 3 , treillis à fils lisses.

On a :

$$\epsilon_l = \frac{f_c}{\delta_s * E_s} \implies 1000 * \epsilon_l = \frac{f_c}{200 * \delta_s} \quad (f_c \text{ en MPa})$$

$$\alpha_l = \frac{3.5}{3.5 + 1000 * \epsilon_l} = \frac{700 * \delta_s}{700 * \delta_s + f_c}$$

$$\mu_l = 0.8 * \alpha_l * (1 - 0.4 * \alpha_l)$$

$$\beta_l = 1 - 0.4 * \alpha_l$$

* Pour ces aciers :

$$\epsilon_s < \epsilon_l \implies \sigma_s = E_s * \epsilon_s$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_l \implies \sigma_s = \frac{f_c}{\delta_s}$$

*Procédure d'analyse:

- 1°) Calculer $\alpha_l, \epsilon_l, \mu_l, \beta_l$
- 2°) calculer ϵ_s et σ_s
- 3°) Calcul de $\gamma = (A \cdot \sigma_s) / (0.8 \cdot \sigma_b \cdot b)$
- 4°) Calcul de α, β, μ
- 5°) Calcul du moment résistant: $M = \mu \cdot \sigma_b \cdot b \cdot d^2$

*Procédure de design

- 1°) Calculer $\alpha_l, \epsilon_l, \mu_l, \beta_l$
- 2°) Calcul de α, β, μ
- 3°) calculer ϵ_s donc σ_s
- 4°) calcul de $A = M / (\beta \cdot d \cdot \sigma_s)$

3.2.1.1.2) Poutres doublement armées (en tension et compression)

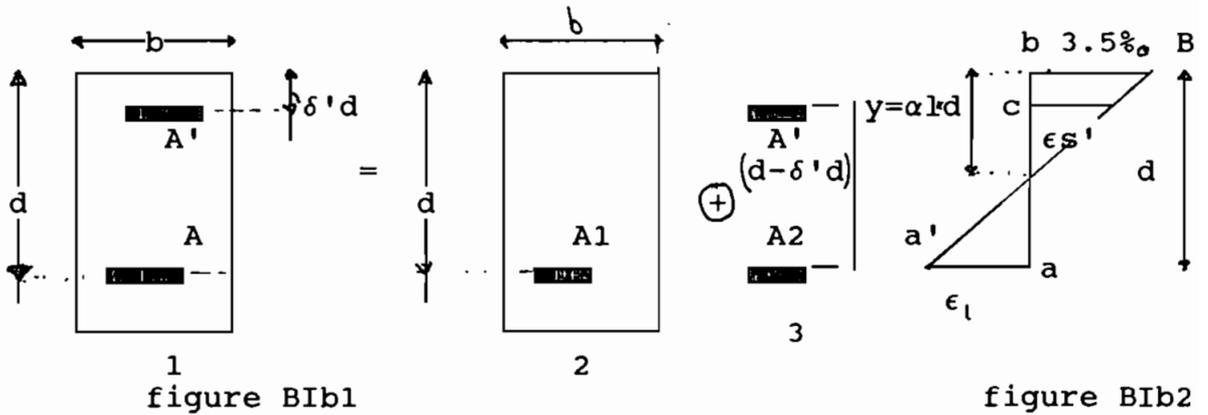
Lorsqu'une section rectangulaire dont les dimensions sont imposées, est soumise à un moment M , supérieur à celui que peut équilibrer la section ne comportant que des armatures tendues, soit parce que l'on a:

$\mu > 0.480$, auquel cas une solution ne comportant que des armatures tendues est impossible.

$\mu > \mu_l$, auquel cas une solution ne comportant que des armatures tendues n'est pas économique. On renforce la partie de cette section en y disposant des armatures qui seront comprimées.

Il y a plusieurs méthodes pour déterminer ces armatures.

● 1^{ère} méthode de détermination des armatures



De la figure BIb2 on peut écrire : $A=A_1+ A_2$.

Le diagramme des déformations de la section réelle est représenté sur la figure BIb2 .

Etant donné que des armatures de compression sont supposées nécessaires , nous sommes dans le domaine 2 et le diagramme des déformations passe par le pivot B , le raccourcissement du béton sur la fibre la plus comprimée est donc $\epsilon_b = 3.5\text{‰}$.

Pour l'acier tendu , nous n'avons pas intérêt à descendre en dessous de $\epsilon_s = \epsilon_l$ ainsi nous prendrons $\epsilon_s = \epsilon_l$

$$\alpha_1 = \frac{3.5}{3.5 + 1000 * \epsilon_l}$$

Calculons le raccourcissement ϵ_s des armatures comprimées.

Les triangles semblables Gcc' et Gaa' nous donnent:

$$\begin{aligned} \epsilon_s' / \epsilon_l &= \frac{\alpha_1 * d - \delta' * d}{d - d * \alpha_1} = \frac{\alpha_1 - \delta'}{1 - \alpha_1} = \frac{3.5 / (3.5 + 1000 * \epsilon_l) - \delta'}{1 - 3.5 / (3.5 + 1000 * \epsilon_l)} \\ &= \frac{3.5 * (1 - \delta') - 1000 * \epsilon_l * \delta}{1000 * \epsilon_l} \end{aligned}$$

D'où $1000 \cdot \epsilon_l = 3.5(1 - \delta') - 1000 \cdot \epsilon_l \cdot \delta$

* Cherchons la condition pour que: $\epsilon'_s \geq \epsilon_l$
 Il, en sera ainsi lorsque : $\delta' \leq \frac{3.5 - 1000 \cdot \epsilon_l}{3.5 + 1000 \cdot \epsilon_l}$ (b1)

Nous constatons que les aciers ronds lisses, barres, HA type3, treillis soudés en fils lisses les valeurs obtenues pour δ' sont toujours supérieures à celles en pratique. Par conséquent, pour ces aciers, la contrainte σ'_s sera toujours égale à f_e / σ_s .

La section N°2 représentée à la figure (BI.b1) équilibre le moment fictif $M_{f1} = \mu_l \cdot \sigma_b \cdot b \cdot d^2$ lorsque ses armatures ont pour valeur

$$A1 = \frac{M_{f1}}{\beta_l \cdot d \cdot \sigma_s}$$

$$M_{f1} = \mu_l \cdot \sigma_b \cdot b \cdot d^2 \quad (b.2)$$

$$A1 = \frac{M_{f1}}{\beta_l \cdot d \cdot \sigma_s} \quad (b.3)$$

La deuxième section fictive devra équilibrer le moment résiduel

$$M_{f2} = M - M_{f1} \quad (\text{avec } M_{f2} < 0.40 \cdot M) \quad (b.4)$$

Ce moment M_{f2} donnera une force de compression F_s' dans les armatures comprimées A' et une force de traction F_s dans les armatures tendue $A2$. Comme le bras de levier est $d - \delta' \cdot d$, nous avons :

$$F_s' = F_s = M_{f2} / (d - \delta' \cdot d) ; A' = F_s' / \sigma_s' = \frac{M_{f2}}{(d - \delta' \cdot d) \cdot \sigma_s'} ;$$

$$A2 = F_s / \sigma_s = \frac{M_{f2}}{(d - \delta' \cdot d) \cdot \sigma_s} = A' \cdot \frac{\sigma_s'}{\sigma_s}$$

Les armatures de la section réelle seront A' et A= A1+A2

$$A' = F_s' / \sigma_s' = \frac{M_{f2}}{(d - \delta') * \sigma_s'} ; \quad (b.5)$$

$$A = A1 \frac{M_{f1}}{\beta_1 * d * \sigma_s} + \frac{A' * \sigma_s'}{\sigma_s} \quad (b.6)$$

Résumé des formules de la 1^{ière} méthode :

(Poutres doublement armées)		
$M_{f1} = \mu_1 * \sigma_b * b * d^2$		
$A1 = \frac{M_{f1}}{\beta_1 * d * \sigma_s}$		
(avec $M_{f2} < 0.40 * M$)		
$M_{f2} = M - M_{f1}$		
$A' = F_s' / \sigma_s' = \frac{M_{f2}}{(d - \delta') * \sigma_s'}$		
$A = A1 \frac{M_{f1}}{\beta_1 * d * \sigma_s} + \frac{A' * \sigma_s'}{\sigma_s}$		

2^{ème} Méthode de détermination des armatures =

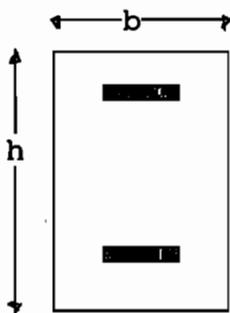


fig :2a

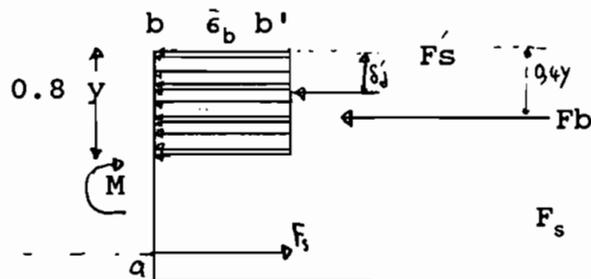


fig 2.b

Nous avons $F_b = 0.8 * \gamma * \sigma_b * b$ $F_s' = A' * \sigma_s'$ $F_s = A * \sigma_s$

$$A * \sigma_s - 0.8 * \gamma * \sigma_b * b - A' * \sigma_s' = 0$$

D'où

$$A = \frac{M + 0.8 * \gamma * \sigma_b * b * (0.4 * \gamma - \delta' * d)}{(d - \delta' * d) * \sigma_s} \quad (b.7)$$

$$A' = \frac{A * \sigma_s - 0.8 * \gamma * \sigma_b * b}{\sigma_s'} \quad (b.8)$$

Ici $\gamma = \alpha_1 * d$

* Raccourcissement des armatures comprimées :

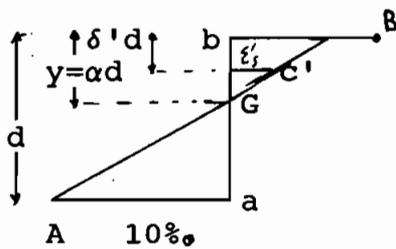


fig 2.c

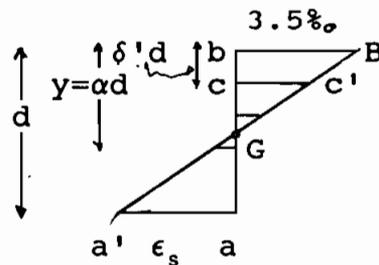


fig 2.d

Nous distinguerons deux cas selon que le diagramme des déformations passe par le pivot A ou le pivot B.

POUTRES RECTANGULAIRES DOUBLEMENT ARMEES (Règle BAEL83)

FORMULES FONDAMENTALES

1^{ère} Méthode :

$$M_{f1} = \mu_1 * \sigma_b * b * d^2 * 10^{-3}$$

$$A_1 = (M_{f1} * 10^3) / (\beta_1 * d * \sigma_s)$$

$$M_{f2} = M - M_{f1} \quad (\text{avec } M_{f2} < 0.40 * M)$$

$$A' = F_s' / \sigma_s' = \frac{M_{f2} * 10^3}{(d - \delta' * d) * \sigma_s'} ;$$

$$A = \frac{M_{f1} * 10^3}{\beta_1 * d * \sigma_s} + \frac{A' * \sigma_s'}{\sigma_s}$$

* M, M_{f2}, M_{f1} en kNm ;

* b, d en cm

* σ_b', σ_s' et σ_s en MPa ;

* A, A' en cm^2

2^{ième} Méthode

$$M = \left[A\sigma_s(d - \delta' * d) - 0.8 * \sigma_b * b * y * (0.4 * y - \delta' * d) \right] * 10^{-3}$$

$$A = \frac{M * 10^3 + 0.8 * \sigma_b * b * y * (0.4 * y - \delta' * d)}{\sigma_s (d - \delta' * d)}$$

$$A' = \frac{A\sigma_s - 0.8 * \sigma_b * b * y}{\sigma_s'}$$

$$y = \alpha_1 * d$$

* M, M_{f2}, M_{f1} en kNm ;

* b, d, y en cm

* σ_b', σ_s' et σ_s en MPa ;

* A, A' en cm^2

* Le diagramme des déformations passe par le pivot A ; (fig 2.c)
donc $\epsilon_s = 10\%$. ; la considération des triangles semblables GaA et
Gcc' nous donne :

$$cc' / aA = cG / aG$$

$$\text{Soit } 1000\epsilon_s' / 10 = (\alpha * d - \delta' * d) / (d - \alpha * d) = (\alpha - \delta') / (1 - \alpha)$$

$$\text{d'où } 1000 * \epsilon_s' = 10 * (\alpha - \epsilon) / (1 - \alpha) \quad (\text{b.9})$$

Pour les aciers autres que le type 2 :

*Si $\epsilon_s < \epsilon_l$; $\sigma_s' = 200(1000 * \epsilon_s')$ (σ_s' en MPa)

*Si $\epsilon_s < \epsilon_l$; $\sigma_s' = f_e / \delta_s$.

*Le diagramme des déformations passe par le pivot B (fig 2.2)

Alors $\epsilon_b = 3.5\%$. Les triangles Gaa' et Gcc' nous donnent :

$$cc'/aa' = cG/aG \text{ Soit } \epsilon_s' / \epsilon_s = (\alpha * d - \delta' * d) / (d - \alpha * d) = (\alpha - \delta') / (1 - \alpha) \quad (b.10)$$

En considérant les triangles Gaa' et GbB; on a:

$$aa'/bB' = Ga/Gb \text{ Soit } 1000 * \epsilon_s / 3.5 = (d - \alpha * d) / \alpha * d = (1 - \alpha') / \alpha \quad (b.11)$$

En multipliant membre à membre (b.10) et (b.11) on obtient :

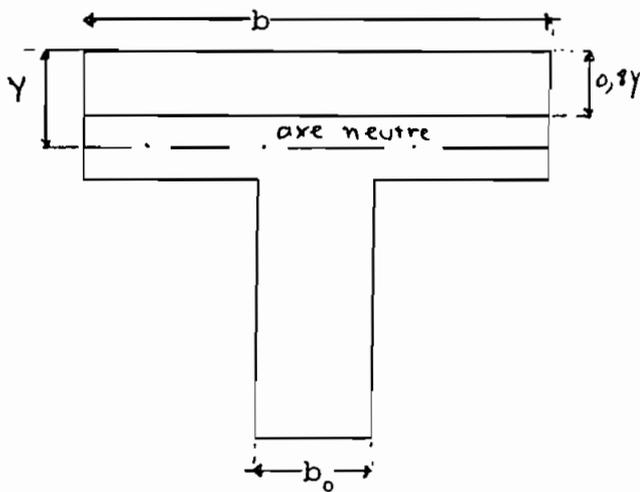
$$1000 * \epsilon_s = 3.5 * (\alpha - \delta') / \alpha \quad (b.12)$$

Pour les aciers autres que le type 2 : $\sigma_s' = f_e / \delta_s$

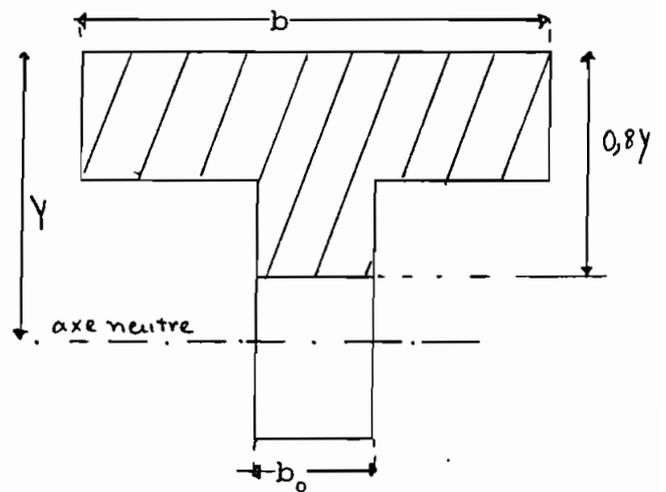
3.2.1.2) SECTION EN T:

Les section en T se rencontrent fréquemment dans les constructions en béton armé par exemple dans les planchers, les murs de soutènement, les tabliers de pont et, d'une manière générale, dans tous les ouvrages où l'on fait concourir le hourdis à la résistance de la poutre.

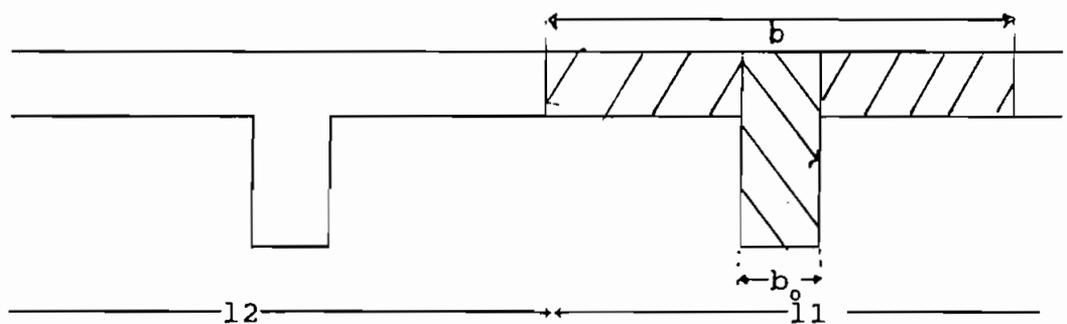
Dans l'étude des sections en T, nous seront amenés à distinguer deux cas suivant que la zone comprimée, de hauteur égale à $0,8y$ se trouve située uniquement dans la table (fig.a) ou s'étend dans la masse (fig.b).



(fig.a)



(fig.b)

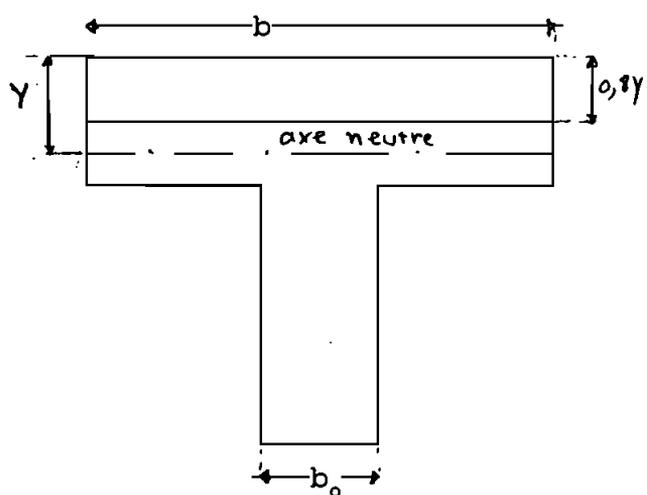


(fig.c)

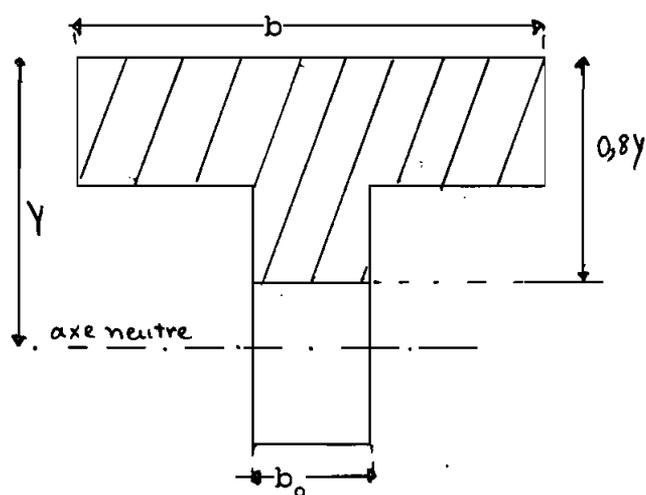
3.2.1.2) SECTION EN T:

Les section en T se rencontrent fréquemment dans les constructions en béton armé par exemple dans les planchers, les murs de soutènement, les tabliers de pont et, d'une manière générale, dans tous les ouvrages où l'on fait concourir le hourdis à la résistance de la poutre.

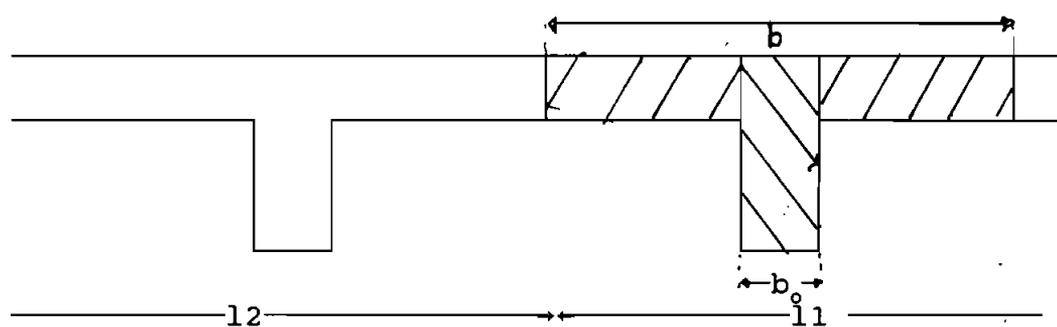
Dans l'étude des sections en T, nous seront amenés à distinguer deux cas suivant que la zone comprimée, de hauteur égale à $0,8y$ se trouve située uniquement dans la table (fig.a) ou s'étend dans la masse (fig.b).



(fig.a)



(fig.b)

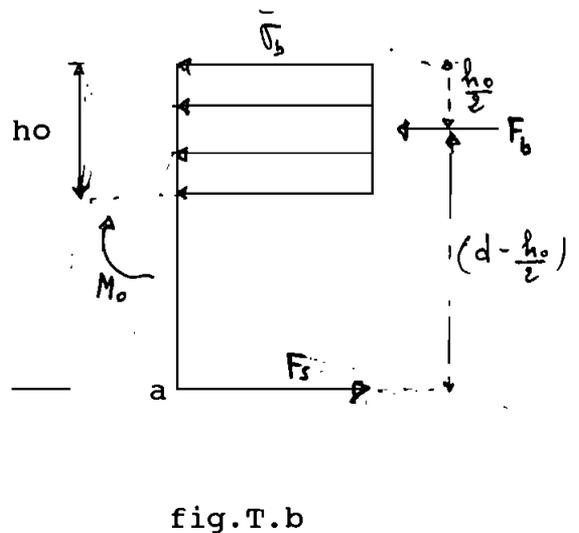
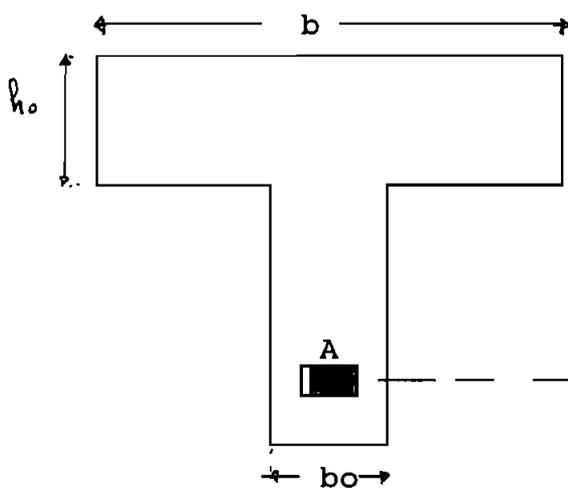


(fig.c)

La largeur de hourdis à prendre en compte de chaque côté d'une nervure à partir de son parement est limitée par la plus restrictive des conditions suivantes : (A.4.1,3)

- 1 On ne doit pas attribuer la même zone de hourdis à deux nervures différentes.
- 2 La largeur notée b_1 ne doit pas dépasser le dixième de la portée d'une travée
- 3 La largeur notée b_1 ne doit pas dépasser les $2/3$ de la distance de la section considérée à l'axe de l'appui extrême le plus rapproché
- 4 La largeur notée b_1 est enfin limitée au quarantième de la somme des portés encadrant l'appui intermédiaire le plus rapproché, augmenté des $2/3$ de la distance de la section considérée à cet appui.

3.2.1.2.1) La section en T ne comporte que des armatures tendues



Supposons que pour le moment M_0 , la hauteur de la zone comprimée soit h_0 .

Cherchons la condition qui doit être réalisée pour que la zone comprimée n'intéresse que la table.

En prenant les moments par rapport au point a (fig.T.b):

$$M_0 - F_b \left(d - \frac{h_0}{2} \right) = 0 \quad \text{d'où} \quad M_0 = F_b \left(d - \frac{h_0}{2} \right)$$

- Si le moment M appliqué à la section est inférieur à M_0 équilibré par la table seule une partie de la table est comprimée.
- Si le moment M est supérieur à M_0 , la table entière et une partie de la nervure sont comprimées.

Par conséquent :

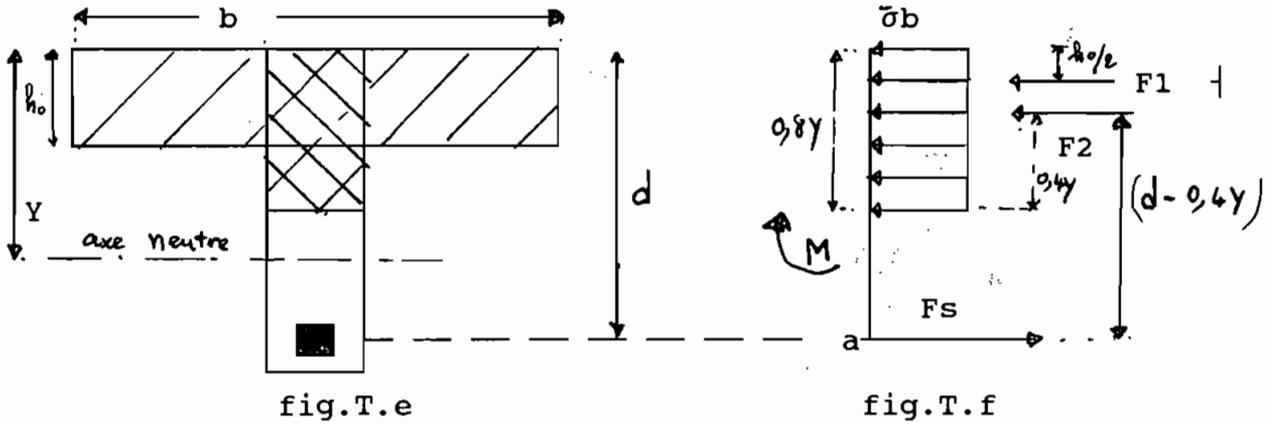
- Si $M \leq \bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right)$, seule une partie, ou la totalité, de la table est comprimée et la section en T est à calculer comme une section rectangulaire de largeur b et de hauteur utile d .

- Si $M > \bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right)$ une partie de la nervure est comprimée et la section en T est à calculer par une méthode qui lui est propre donnée ci-après.

Considérons la section en T représentée sur la figure T.c, pour laquelle la partie comprimée s'étend dans la nervure, nous avons alors :

$$M > \bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_o \left(d - \frac{h_o}{2} \right)$$

Le diagramme des contraintes est représenté sur la fig T.f



Soit F_1 : la résultante des compressions sur la partie simplement hachurée de la (fig T.e) (débort de la table), cette résultante passe à la distance $h_o/2$ de l'arrête supérieure et a pour valeur

$$F_1 = \bar{\sigma}_b (b - b_o) \cdot h_o .$$

F_2 : La résultante des compressions sur la partie doublement hachurée de la (fig T.f), cette résultante passe à la distance $0,4Y$ de l'arête supérieure et a pour valeur

$$F_2 = 0,8 \cdot \bar{\sigma}_b \cdot b_o \cdot Y,$$

F_s : résultante des tractions dans les armatures tendues,

$$F_s = A \cdot \sigma_s .$$

A l'équilibre nous avons :

$$A \cdot \sigma_s - \bar{\sigma}_b \cdot (b - b_o) \cdot h_o - 0,8 \bar{\sigma}_b \cdot b_o \cdot Y = 0$$

$$M - \bar{\sigma}_b (b - b_o) \cdot h_o \cdot (d - h_o/2) - 0,8 \cdot \bar{\sigma}_b \cdot b_o \cdot Y \cdot (d - 0,4Y) = 0$$

Posons :

$$M_n = M - \bar{\sigma}_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0 \cdot (d-h_0/2) \quad [T.1]$$

$$Y = \alpha d;$$

$$M_n - 0,8\bar{\sigma}_b \cdot b_0 \cdot \alpha d \cdot (d-0,4 \cdot \alpha \cdot d) = 0$$

$$M_n - 0,8\bar{\sigma}_b \cdot b_0 d^2 \cdot \alpha \cdot (1-0,4 \cdot \alpha) = 0$$

Posons encore

$$\mu = \frac{M_n}{\sigma_b \cdot b_0 \cdot d^2}$$

Nous aurons

$$\mu = \alpha (1 - 0,4\alpha)$$

Cette expression est identique à celle trouvée pour la section rectangulaire simplement armée.

$$\text{Comme :} \quad M_n - 0,8\bar{\sigma}_b \cdot b_0 \cdot \alpha \cdot d \cdot (d-0,4\alpha d) = 0$$

et

$$A \cdot \sigma_s - \bar{\sigma}_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0 - 0,8 \cdot \sigma_b \cdot b_0 \cdot \alpha \cdot d = 0$$

$$\text{Nous avons :} \quad M_n - [A \cdot \sigma_s - \bar{\sigma}_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0] (d-0,4Y) = 0$$

$$M_n - [A \cdot \sigma_s - \bar{\sigma}_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0] (1-0,4\alpha)d = 0$$

$$\implies \quad M_n - [A \cdot \sigma_s - \bar{\sigma}_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0] \cdot \beta \quad \text{car } \beta = (1-0,4\alpha)$$

d'où

$$A = \frac{\frac{M_n}{\beta d} + \sigma_b \cdot (b-b_0) \cdot h_0}{\sigma_s} \quad [T.3]$$

Les formules ci-dessus ne sont à utiliser que lorsque $\epsilon_s < \epsilon_l$ c'est-à-dire $M_n \leq M_l$, la section en T sera armée doublement comme indiqué ci-après.

3.2.1.2.2) La section comporte des armatures tendues et des armatures comprimées.

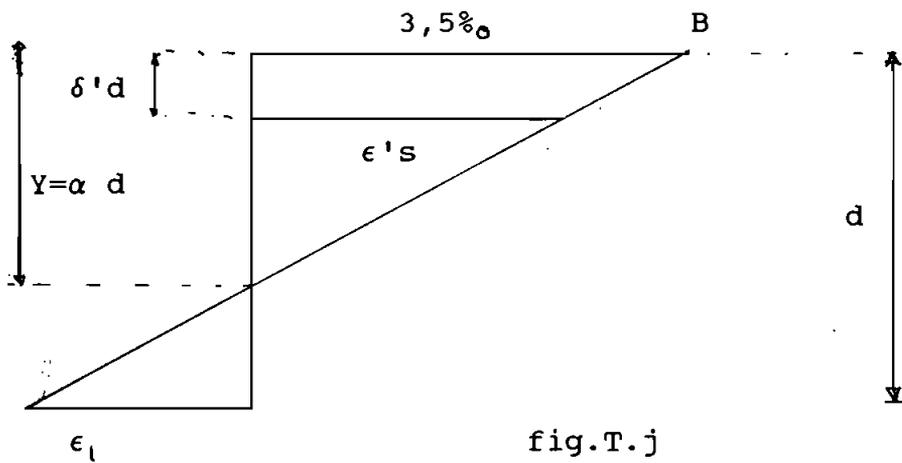
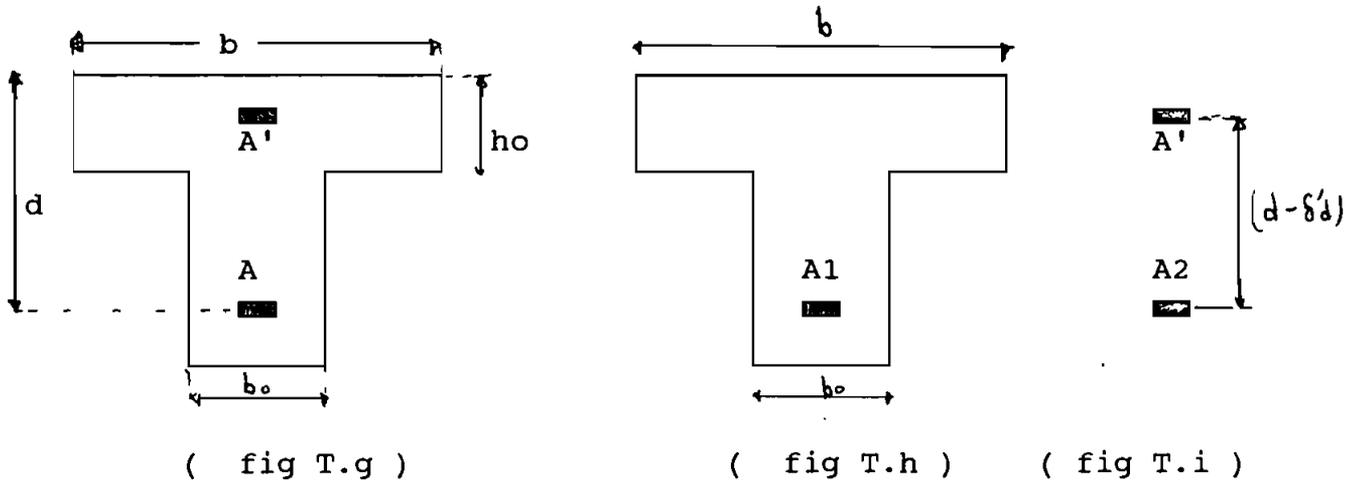


fig T.j) : Diagramme des déformations de la section réelle

Etant donné que les armatures de compression sont nécessaires nous sommes dans le domaine 2 et le diagramme des déformations passe par le point B; donc le raccourcissement du béton sur la fibre la plus comprimée est égal à $3,5 \text{‰}$.

Nous prendrons pour l'allongement des aciers tendus $\epsilon_s = \epsilon_l$

Ainsi la position de l'axe est déterminée car :

$$\alpha_l = \frac{3,5}{3,5 + 1000 \epsilon_l}$$

Comparons la hauteur de la zone comprimée, donnée par $0,8Y = 0,8\alpha_l d$ à la hauteur h_0 de la table.

La valeur la plus faible de α_l pour les aciers normalement utilisés est :

$$\alpha_l = 0,438.$$

Ce qui nous donne : $0,8\alpha_l d = 0,8 \times 0,438d = 0,35d$.

En pratique on a toujours : $h_0 < 0,35d$, par conséquent dans le cas où les armatures comprimées sont nécessaires, la partie comprimée s'étendra toujours dans la nervure.

Comme dans le paragraphe 3.2.1.2.1) la section fictive représentée sur la figure T.h équilibre un moment M_{f1} donné par:

$$M_{f1} = \mu_l \cdot \bar{\sigma}_b \cdot b_0 \cdot d^2 + \bar{\sigma}_b (b-b_0) \cdot h_0 \cdot (d-h_0/2) \quad [T.4]$$

Les armatures sont données par :

$$A_l = \frac{\frac{\mu_l \cdot \bar{\sigma}_b \cdot b_0 \cdot d^2}{\beta_l \cdot d} + \bar{\sigma}_b (b-b_0) h_0}{\sigma_s} \quad [T.5]$$

La 2^{ème} section fictive (fig T.i) devra donc équilibrer le moment résiduel

$M_{f2} = M - M_{f1}$ (avec $M_{f2} < 40 \% M$). Ce moment résiduel M_{f2} donnera une force de compression F'_s dans les armatures comprimées et une force de traction F_s dans les

armatures tendues. Comme le bras de levier a pour valeur $d - \delta'd$ nous avons:

$$F'_s = F_s = \frac{M_{f2}}{d - \delta'd} \quad [T.6]$$

$$A' = \frac{F'_s}{\sigma'_s} = \frac{M_{f2}}{(d - \delta'd) \sigma'_s} \quad [T.7]$$

$$A_2 = \frac{F_s}{\sigma_s} = \frac{M_{f2}}{(d - \delta'd) \sigma_s} = A' \frac{\sigma'_s}{\sigma_s} \quad [T.8]$$

Les armatures de la section réelle sont : A' et $A = A_1 + A_2$

■ **Condition pour que les armatures comprimées s'écoulent :**

$$1000\epsilon'_s = 3,5 \frac{(\alpha_l - \delta')}{\alpha_l} \implies \epsilon'_s = \frac{3,5 (\alpha_l - \delta')}{1000\alpha_l}$$

$$\epsilon'_s \geq \epsilon_l \iff 3,5 (\alpha_l - \delta') \geq 1000\alpha_l \epsilon_l$$

$$\implies \delta' \leq \frac{-1000\alpha_l \epsilon_l + 3,5\alpha_l}{3,5}$$

$$\text{D'où } \epsilon'_s \geq \epsilon_l \iff \delta' \leq \frac{-1000\alpha_l \epsilon_l + 3,5\alpha_l}{3,5}$$

Conclusion

$$\delta' \leq \frac{3,5\alpha_l - 1000\alpha_l \epsilon_l}{3,5} \implies \epsilon'_s \geq \epsilon_l \text{ donc } \sigma'_s = \frac{f_e}{\epsilon'_s}$$

$$\delta' > \frac{3,5\alpha_l - 1000\alpha_l \epsilon_l}{3,5} \implies \epsilon'_s < \epsilon_l \text{ donc } \sigma'_s = E_s \cdot \epsilon'_s$$

POUTRE EN T NE COMPORTANT QUE DES ARMATURES TENDUES
(Règle BAEL 83)

FORMULES FONDAMENTALES.

$$M_o = \bar{\sigma}_b \times b \times h_o \left(d - h_o/2 \right) \times 10^{-3}$$

$$M_n = M - \bar{\sigma}_b (b - b_o) \times h_o \times \left(d - h_o/2 \right) \times 10^{-3}$$

$$\mu = \frac{M_n \times 10^3}{\sigma_b \times b_o \times d^2}$$

$$A = \frac{\frac{M_n}{\beta \times d} \times 10^3 + \bar{\sigma}_b (b - b_o) \times h_o}{\sigma_s}$$

M et M_n en kN.m

b, b_o h_o et d en cm

σ_b et σ_s en MPa

A en cm².

POUTRE EN T COMPORTANT DES ARMATURES TENDUES ET COMPRIMÉES
(Règles BAEL 83)

FORMULES FONDAMENTALES

$$M_{f1} = \mu_l \bar{\sigma}_b b_o d^2 \times 10^{-3} + \bar{\sigma}_b (b - b_o) h_o (d - h_o/2) \times 10^{-3}$$

$$M_{f2} = M - M_{f1}$$

$$A' = \frac{M_{f2} \times 10^3}{(d - \delta' d) \sigma'_s}$$

$$A = \frac{\frac{\mu_l \bar{\sigma}_b b_o d}{\beta_l} + \bar{\sigma}_b (b - b_o) h_o}{\sigma_s} + A' \frac{\sigma'_s}{\sigma_s}$$

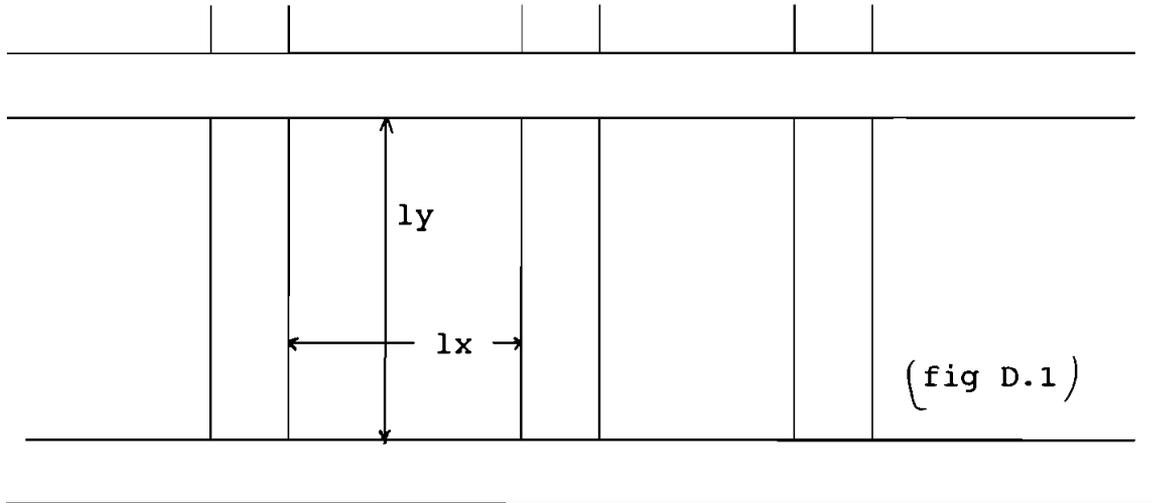
M , M_{f1} , M_{f2} en kN.m

b , b_o , h_o et d en cm

$\bar{\sigma}_b$, σ_s et σ'_s en MPa

A et A' en cm²

3.2.1.3) Dalles armées selon une direction .



La dalle ne porte que dans un seul sens lorsque les deux conditions suivantes sont simultanément remplies :

- 1°) Le rapport l_x/l_y est inférieur ou égal à 0,4 ($\frac{l_x}{l_y} \leq 0,4$)
- 2°) La dalle est uniformément chargée.

On évalue les moments en ne tenant compte de la flexion que suivant la plus petite dimension. Dans ces conditions, on ne calcule que les armatures parallèles au côté l_x .

On est donc ramené à l'étude d'une poutre de section rectangulaire, de largeur un mètre , de hauteur totale h_0 et de portée l_x .

· lorsqu'une dalle continue peut être considérée comme partiellement encastrée sur ses appuis de rive, et en particulier lorsqu'il s'agit d'un plancher à charge d'exploitation modérée, on prend pour les moments dans chacune des travées les valeurs suivantes :

$$\text{Moment en travée} = \frac{Pl_x^2}{10} = 0,8M_0$$

$$\text{Moment sur appuis} = \frac{-Pl_x^2}{16} = -0,5M_0$$

Avec P : charge uniforme résultant du poids propre et de la dalle d'exploitation;

l_x : Portée dans le sens l_x ;

$$M_0 = \frac{pl_x^2}{8} \text{ moment pour la dalle sur deux appuis libres}$$

· Suivant l'importance des charges d'exploitation, utiliser les méthodes du code français (Règles BAEL 83) pour déterminer les moments.

Le dimensionnement des dalles revient à celui d'une section rectangulaire pour laquelle $b = 100$ cm et de hauteur h_0 (épaisseur de la dalle) une fois le moment connu.

Chapitre IV

DEVELOPPEMENT DES PROGRAMMES

4.1°) Organigrammes et Programmes

4.1.1°) Organigrammes

Les organigrammes sont divisés en deux grandes parties:

* La norme canadienne qui présente quatre modules, ces derniers ont à leur sein plusieurs sous-modules divisés en différents petits organigrammes. A la page suivante nous présentons la structure générale de l'organigramme de la norme canadienne; signalons que nous avons mis à l'annexe N°2 quelques organigrammes qui ont été fréquemment utilisés pour tous les sous-modules.

* La norme française présente aussi quatre parties; tous les organigrammes de cette norme sont mis en annexe N°2 du rapport.

4.1.2°) Programmes

A partir des différents organigrammes, nous avons écrit tout ce logiciel en langage Turbo Pascal (version 4). Nous avons au total sept fichiers, de 5750 lignes occupant 320016 bytes :

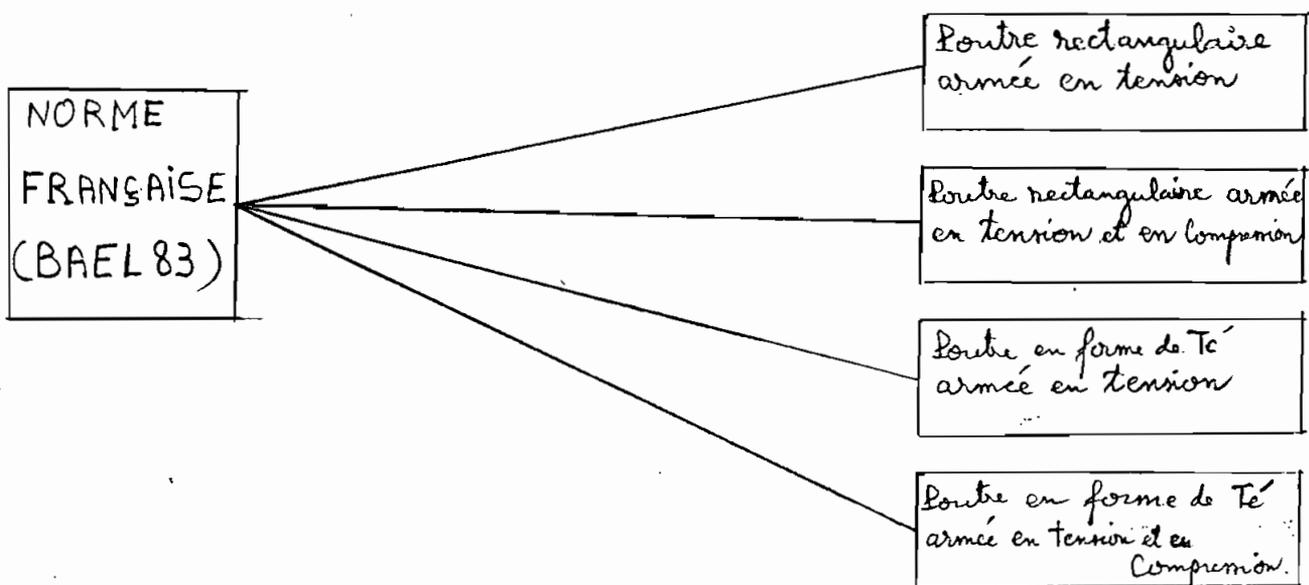
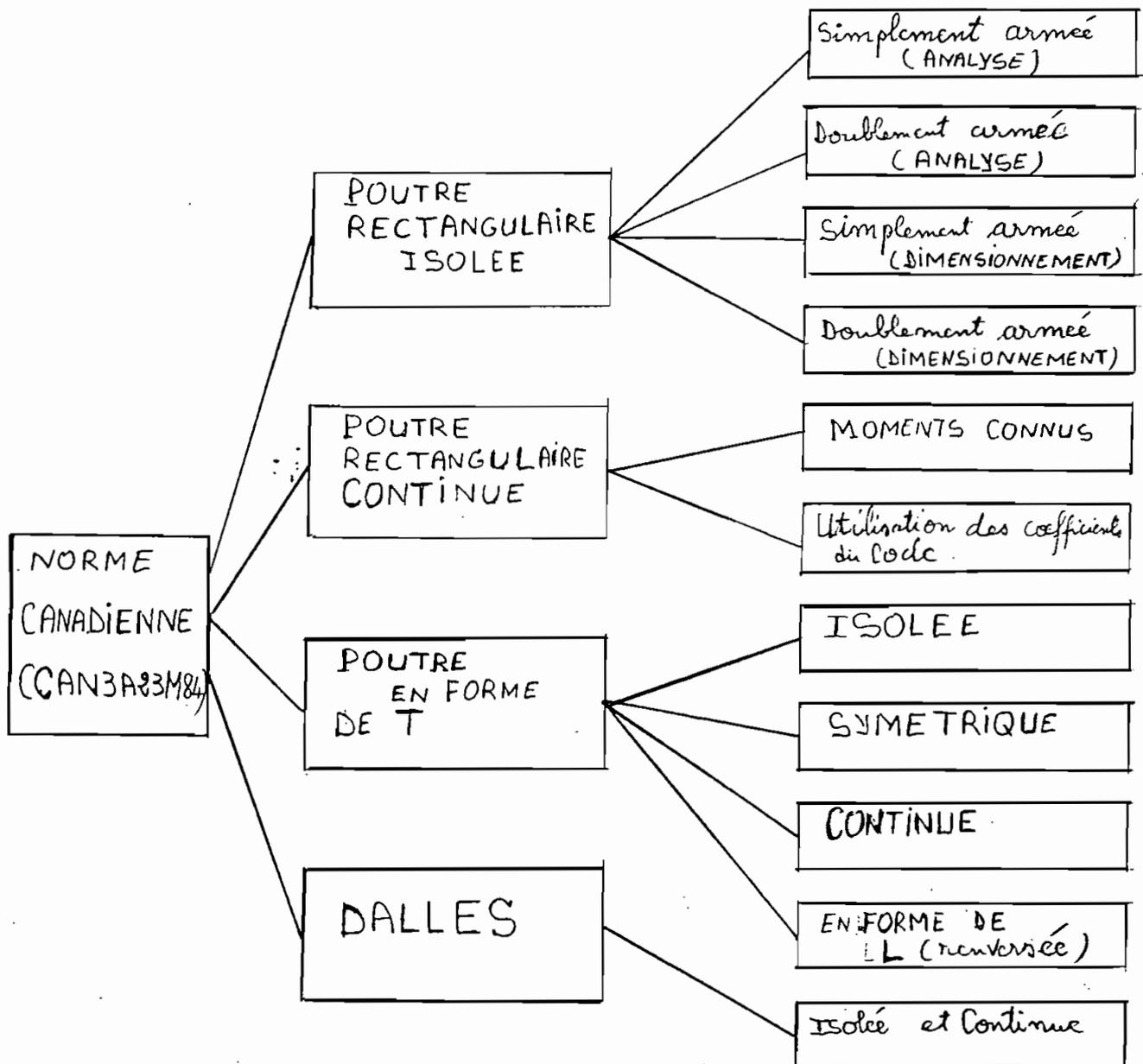
- Punit1: c'est un fichier qui est exploité par les autres fichiers en effet il comporte plusieurs procédures que ces derniers ont en commun; ces procédures sont expliquées à l'annexe N°3.

- Punit2: il comporte des procédures qui sont utilisées par les autres fichiers à l'exception de Punit1.

- Sylvain: ce fichier comprend toutes les procédures principales d'analyse et de dimensionnement des poutres rectangulaires isolées suivant la norme canadienne(Can3A23.3M84).

- Té : Ce fichier comme son nom l'indique traite les poutres

ORGANIGRAMME C



en Té simplement armées dans le code canadien;

- Dalle: il traite les dalles portant dans une direction(Can3M84);
- Continu: il traite les poutres rectangulaires continues(Can3M84)
- Afnor : dans ce fichier nous avons regroupé le dimensionnement en béton armé suivant la norme française (règles BAEL83).

Tous ces fichiers à l'exception de Punit1 et Punit2 sont exécutables directement. Le Listing de ces fichiers et les fonctions de chaque sous-programme (procédure) se trouvent à l'annexe N°3 de ce rapport.

4.2°) UTILISATION et POSSIBILITÉS DU LOGICIEL

4.2.1°) Utilisation

Ce logiciel qui se donne pour tâche le dimensionnement en béton armé est assez facile d'utilisation; en effet son caractère interactif permet à l'utilisateur d'avoir les guides nécessaires au cours de l'exécution de ce dernier. Cependant il y a certaines remarques auxquelles l'utilisateur doit accorder d'importance :

- au niveau des saisies de données si l'utilisateur introduit des valeurs aberrantes (par exemples: .55 au lieu de 0.55 ou bien une hauteur totale(h) < hauteur utile(d)), l'ordinateur ne prend pas.
- au cours de l'exécution si l'utilisateur décide arrêter pour retourner au menu il lui faudra appuyer:(CTRL PAUSE).

Signalons qu'au niveau de chaque module il est prévu une option pour le retour au menu ou pour la sortie du logiciel.

N.B.: Pour démarrer il faut mettre la disquette du logiciel dans le lecteur puis taper: **EPTBACAF** suivi de la touche RETOUR

4.2.2) Possibilités du logiciel

Ce logiciel nous offre plusieurs possibilités que nous allons expliquer pour chaque module.

4.2.2.1) NORME CANADIENNE (CAN3A23.3M84)

Dans cette partie on distingue 4 grandes options qui sont : poutre rectangulaire isolée, poutre rectangulaire continue, poutre en forme de T et dalle portant dans une direction. A l'intérieur de chacune de ces options nous avons différents modules. Ceci est bien illustré à l'organigramme C.

4.2.2.1.1) Poutre rectangulaire isolée

4.2.2.1.1.1) Analyse de poutre rectangulaire simplement armée ou doublement armée

Ici nous déterminons le moment résistant de la poutre à partir de l'armature et des dimensions de la section du béton. Mais avant le calcul du moment résistant, des vérifications sont faites sur les conditions de rupture ductile; c'est-à-dire, on voit si le pourcentage d'acier est compris entre les pourcentages minimal et maximal d'acier. L'autre vérification que nous faisons concerne la hauteur totale minimale exigée pour la condition de flèche.

4.2.2.1.1.2) Dimensionnement de poutre rectangulaire

(Simplement armée et Doublement armée)

* Poutre Simplement armée

Nous avons la possibilité de dimensionner selon qu'on connaisse les dimensions de la section de la poutre ou non.

- Si les dimensions sont inconnues, l'utilisateur a la possibilité de choisir un réel <PAS> tel que: $0.50 \leq \text{PAS} \leq 0.60$

afin de respecter la règle de bonne pratique; au cas où il ne désire pas respecter cette règle relative aux pourcentages d'acier, une autre possibilité s'offre à lui de choisir tel que $f_{\min} \leq f \leq 0.85 \cdot \bar{f}$. Après le choix du pourcentage d'acier, le programme est à même de nous proposer des dimensions si nous le désirons en effet dans le logiciel nous avons pris pour ce cas le rapport $d/b=1.75$. Après propositions des valeurs de b et d le programme nous laisse le soin d'arrondir ces-dernières à notre guise. Au lieu que le logiciel nous propose des dimensions nous avons la possibilité d'essayer des dimensions nous-même. Une fois les dimensions choisies, le logiciel nous calcule la section d'acier et nous détermine le nombre de barres si on le désire. On a aussi la possibilité de choisir des barres de diamètres différents, mais au maximum deux diamètres différents.

Plusieurs vérifications sont faites, notamment:

- Vérification du pourcentage d'acier (rupture ductile)
- Vérification du poids propre
- Vérification de la hauteur totale minimale exigée
- Vérification de l'espacement et suggestion quand il y a problème.

Lorsque les dimensions sont connues, le logiciel nous calcule la section d'acier, et toutes les vérifications ci-dessus sont faites. Mais si le pourcentage d'acier est supérieur à la valeur maximale, le logiciel nous suggère d'armer la section doublement ou d'augmenter la section du béton.

* Poutre Doublement Armée

Pour les poutres rectangulaires doublement armées, les

dimensions sont généralement connues, le logiciel nous calcule alors la section d'armatures tendue et comprimée puis nous détermine le nombre de barres. Les vérifications précédentes sont faites ici aussi. Lors de l'exécution le programme nous signale si l'acier de compression s'écoule ou non. Si le logiciel remarque que la poutre se comporte comme une poutre rectangulaire simplement armée, il le signale et retourne au menu pour une nouvelle sélection.

4.2.2.1.2) Dimensionnement de poutre en Té Simplement armée

Dans ce logiciel c'est seulement les poutres en Té armées uniquement en tension qui sont traitées. On distingue quatre options dans cette partie :

- Poutre symétrique en Té simplement appuyée,
- Poutre symétrique en Té, continue,
- Poutre en forme de < L > renversé ,
- Poutre en Té isolée.

Le logiciel calcule la largeur effective b de la poutre en Té, sauf dans le cas de poutre isolée, où c'est l'utilisateur même qui donne ses dimensions, mais dans tous les cas le programme vérifie si les dimensions sont conformes aux exigences de la norme. Après saisie et vérification des données, le logiciel nous calcule les sections d'acier et le nombre de barres. Ici aussi nous faisons les vérifications d'espacement et des pourcentages d'acier. Si la poutre se comporte comme poutre rectangulaire, le logiciel nous le signale et fait systématiquement le calcul ainsi. Mais si la poutre en Té doit être armée doublement (dépassement du pourcentage

maximal d'acier), le logiciel nous précise que ce cas n'est pas traité dans ce dernier.

4.2.2.1.3) Dimensionnement des poutres rectangulaires continues

Dans cette partie nous avons deux principales options :

Soit les moments fléchissants sont déjà connus soit on utilise les coefficients du code (méthode forfaitaire) pour déterminer ces derniers afin de faire le dimensionnement proprement dit .

On peut traiter jusqu'à 10 travées différentes à la fois, au-delà le logiciel n'accepte pas la valeur; toutefois celui qui possède le programme source peut augmenter le nombre de travées au niveau de la déclaration du tableau qui prend le nombre de travées .

4.2.2.1.3.1) Les moments sont connus

On dispose déjà des moments, on veut déterminer les dimensions de la section de béton et l'armature. Lorsqu'on ne connaît pas les dimensions le logiciel détermine ces dernières à partir du plus grand moment. Si l'utilisateur n'avait pas tenu compte du poids propre de la section dans l'estimation des moments , le programme multiplie le plus grand moment par 1.10 avant de déterminer les dimensions. Une fois les dimensions déterminées, on cherche les diamètres des barres pour le plus grand moment toujours et on vérifie l'espacement et la hauteur minimale exigée pour les conditions de flèche. Après toutes ces vérifications pour le plus grand moment on est sûr que les dimensions conviendront pour les autres moments . Ainsi on entre maintenant les autres moments travée par travée , mais on ne doit pas entrer un moment supérieur

au plus grand moment qu'on avait donné . Tous ces moments sont traités l'un après l'autre en suivant le sens de gauche vers la droite sur la poutre , le logiciel nous oriente bien au cours de l'exécution .

A l'affichage des résultats il suffit d'appuyer sur la barre d'espacement du clavier pour visualiser les résultats, mais lorsqu'on désire avoir les résultats sur imprimante ou quand on veut retourner au menu il faut appuyer sur la touche "ESC" ou bien "ÉCHAP".

N.B. Il est à noter que l'on peut avec cette option, dimensionner une poutre rectangulaire encastree à ses deux extrémités. Pour ce cas on choisit une travée et on entre les moments aux extrémités et celui en travée, ainsi le logiciel nous fait tous les calculs d'armature. On peut dimensionner de la même façon une poutre rectangulaire encastree à une extrémité et simplement appuyée à la deuxième ; à cette deuxième extrémité, il suffit de prendre un moment nul .

4.2.2.1.3.2) Utilisation des coefficients du code(CAN3A.23.3M84)

(Méthode forfaitaire)

Nous disposons de la charge pondérée totale, puis nous voulons déterminer les dimensions de la section du béton et l'armature ou bien l'armature seule.

Les coefficients du code sont sélectionnés selon qu'on ait deux travées ou plus et une poutre, un poteau ou un mur à la rive .

Il est important de signaler dans cette partie que, si le nombre de travées est supérieur à 2 ,le logiciel exige d'une part que les

2 travées de rive soient identiques du point de vue portée et appuis ; et d'autre part les travées intérieures doivent avoir les mêmes portées aux nus des appuis . Cette limitation est due à un souci d'économie d'espace mémoire sur la disquette afin de pouvoir aborder tous les points prévus dans le projet. Une fois les moments déterminés les armatures sont calculées comme précédemment. Lorsque les dimensions ne sont pas connues, c'est le logiciel même qui trie le plus grand moment avec lequel il calcule les dimensions qui doivent être retenues pour toute la poutre. Toutes les vérifications sont faites comme dans les cas précédents. Le logiciel refuse de continuer l'exécution tant que la valeur que nous entrons pour le nombre de travées n'est pas supérieur à 1 , car c'est l'une des prescriptions de la méthode forfaitaire .

4.2.2.1.4) Dalles pleines portant dans une direction

Seules les dalles armées dans une direction sont traitées dans ce logiciel. Ainsi quand on choisit cette option le logiciel nous demande d'entrer la longueur du plus grand côté de la dalle et celle du plus petit côté afin de vérifier si la dalle porte effectivement dans une direction. Rappelons qu'une dalle porte dans une direction si son grand côté est supérieur ou égal à 2 fois son petit côté (CAN3A23.3M84).

Pour les dalles continues l'épaisseur minimale est calculée à partir de la portée de la travée intérieure et celle de la travée de rive ; l'utilisateur a la possibilité d'arrondir à sa guise. Le logiciel calcule la hauteur utile d (en mm) en prenant pour enrobage 20 mm. Ainsi il détermine la section d'acier au niveau de

chaque moment pour une bande de 1000 mm. Pour chaque armature calculée, le logiciel détermine les espacements qui devraient exister entre deux barres consécutives. Lorsque l'espacement calculé est inférieur à celui déterminé à partir de l'armature minimale, ce dernier est retenu. Le logiciel calcule en outre l'espacement maximal permis, donc l'espacement définitif que l'utilisateur retiendra, doit être la plus petite valeur entre l'espacement calculé et celui maximal permis. Tous les résultats sont affichés travée par travée; on a la possibilité de les avoir sur imprimante.

N.B. Notons que l'on peut aussi utiliser cette option pour dimensionner une dalle isolée simplement appuyée, en effet il suffira de choisir une travée et de prendre des moments nuls aux appuis. Et les calculs se font comme précédemment.

4.2.2.2) NORME FRANÇAISE (BAEL 83)

Nous distinguons ici quatre options :

- Poutre rectangulaire armée uniquement en tension ;
- Poutre rectangulaire armée en tension et en compression ;
- poutre en forme de T armée uniquement en tension ;
- Poutre en forme de T armée en tension et en compression.

Pour chacune de ces options, généralement les dimensions sont connues conformément à la méthodologie française et le logiciel nous calcule l'armature.

Mais signalons que le logiciel a une spécification très importante qu'il ne faut guère ignorer :<< Etant donné que c'est BAEL 83 que nous avons suivi, dans les calculs le logiciel se base

uniquement sur les aciers autres que ceux du type 2 . L'acier du type 2 correspond aux armatures à haute adhérence obtenues par laminage à chaud suivi d'un écrouissage sans réduction de section>>

Pour la norme française nous nous arrêtons au calcul d'armatures. Au cours de l'exécution, si après certaines vérifications le logiciel se rend compte qu'une section au lieu d'être armée simplement devrait être armée doublement ou vice-versa, un message apparaît pour nous le signaler; et le logiciel fait systématiquement le calcul suivant le cas qui convient.

Etant donné qu'on s'arrête au calcul d'armature nous n'avons pas jugé utile de faire sortir les résultats sur imprimante. Ce qui nous prendrait d'ailleurs assez de bytes. Enfin toutes les remarques que nous avons faites au niveau des saisies de données dans la norme canadienne restent valables ici.

N.B. Au cours de l'exécution, le logiciel nous demande si on est en situation accidentelle ou autres afin de choisir lui-même γ_s

et γ_b . Il faut comprendre par situation accidentelle, situation où la sécurité est très préoccupante , et par autres situations , les circonstances ordinaires.

Notons que si quelqu'un désire dimensionner une dalle simplement appuyée dans cette norme, il lui suffira de choisir l'option poutre rectangulaire armée en tension seule en prenant pour largeur $b=100$ centimètres .

4.3.1) EXEMPLES DANS LA NORME CANADIENNE (CAN3A23.3M84)

4.3.1.1) Analyse de poutre rectangulaire simplement armée

*Exemple 4.1 de la page 56 du livre de ARAM SAMIKIAN (2^e édition)

DONNÉES : $f'_c = 30$ MPa $f_y = 400$ MPa $A_s = 3000$ mm²

Largeur B=350 mm Hauteur utile D=630 mm CALCULER LE MOMENT

RÉSISTANT M_r .

Résultat du livre : Moment résistant $M_r = 545.2$ KN.m

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE
RÉSULTATS FINALS D'ANALYSE.

MOMENT RESISTANT (en KN.m)	=	545.457
Hauteur Utile (en mm)	=	630.000
Largeur B (en mm)	=	350.000
Section d'acier (en mm ²)	=	3000.000
Pourcentage Minimal d'Acier	=	0.0035
Pourcentage d'Acier	=	0.0136
Pourcentage MAXimal d'Acier	=	0.0229
Hauteur minimale exigée (en mm)	=	500.000

4.3.1.2) Dimensionnement de poutre rectangulaire simplement armée

* Exemple 4.4 de la page 60 du livre de ARAM SAMIKIAN(2^e édition)

DONNÉES : $f'_c = 30$ MPa $f_y = 400$ MPa Largeur $B=350$ mm .

La poutre est simplement appuyée de portée 8000 mm et sollicitée par un moment pondéré de 390 KN.m . Déterminer les dimensions et l'armature tendue de la section.

Résultats du livre : $B= 350$ mm ; $D=550$ mm ; $A_s = 2435$ mm²

$A_{s \text{ prévu}} = 5$ barres N°25 = 2500 mm²

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

```
***** POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE *****
                RÉSULTATS FINALS.
*****
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
LARGEUR B      (en mm)                =          350.000
HAUTEUR UTILE  (en mm)                =          550.000
SECTION D'ACIER NECESSAIRE (en mm2)   =         2429.831
DIAMETRE DES BARRE D'ACIER (en mm)    =          25.200
NOMBRE DE BARRES                =           5
NOMBRE DE LITS                   =           1

SECTION D'ACIER CHOISIE (en mm2)      =         2493.796
MOMENT DE DESIGN (en KN.m)           =          390.000
MOMENT RESISTANT (en KN.m)           =          399.214
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
```

4.3.1.3°) Analyse de poutre rectangulaire doublement armée

* Exemple 4.7 de la page 75 du livre de ARAM SAMIKIAN (2^e édition)

DONNÉES: $f'_c = 30$ MPa $f_y = 400$ MPa $A_s = 3500$ mm² $A'_s = 600$ mm²

Largeur $B = 300$ mm Hauteur utile $D = 450$ mm $D' = 61$ mm

CALCULER LE MOMENT RÉSISTANT M_r .

Résultat du livre : Moment résistant $M_r = 417$ KN.m

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE
RÉSULTATS FINALS D'ANALYSE.

MOMENT RESISTANT (en KN.m)	=	417.152
Hauteur Utile (en mm)	=	450.000
Largeur B (en mm)	=	300.000
Section d'acier TENDU (en mm ²)	=	3500.000
Pourcentage Minimal d'Acier	=	0.0035
Pourcentage d'Acier	=	0.0259
Pourcentage MAXimal d'Acier	=	0.0274
Section d'Acier Comprimé (mm ²)	=	600.000

4.3.1.4) Dimensionnement de poutre rectangulaire doublement armée

*Exemple 4.9 de la page 79 du livre de ARAM SAMIKIAN (2^e édition)

DONNÉES : $f'_c = 30$ MPa $f_y = 400$ MPa Largeur B=350 mm .
 D= 550 mm ; H=650 mm ; D'=66 mm .

(La poutre est simplement appuyée et a une portée de 8000 mm)
 elle est sollicitée

par un moment pondéré de 780 KN.m .

Déterminer les armatures tendue et comprimée .

Résultats du livre : $A_s = 5157$ mm² $A'_s = 1394$ mm²

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

RÉSULTATS DE DESIGN DE POUTRE RECTANGULAIRE
 DOUBLEMENT ARMÉE

Largeur B (en mm)	=	350.000
Hauteur UTILE D (en mm)	=	550.000
Distance de la fibre la plus comprimée à A_s' (en mm)	=	66.000
Le Moment Pondéré (en KN.m)	=	780.000
Le Moment Résistant (en KN.m)	=	827.336
Armature Tendue nécessaire (en mm ²)	=	5152.770
Diamètre des barres d'Armature Tendue (en mm)	=	29.900
Nombre Total des barres d'Armature Tendue	=	8.000
Nombre de LITS pour l'Acier Tendue	=	2
Armature Tendue Choisie (en mm ²)	=	5617.230
Armature Comprimée nécessaire (en mm ²)	=	1397.577
Diamètre des barres d'Armature Comprimée	=	29.900
Nombre Total de barres d'Acier Comprimée	=	2.000
Nombre de LITS pour l'Armature Comprimée	=	1
Armature Comprimée Choisie (en mm ²)	=	1404.308

4.3.1.5) Dimensionnement de poutre en forme de T simplement armée

*Exemple 5.1 de la page 94 du livre de ARAM SAMIKIAN (2^e édition)

DONNÉES : $f'_c = 30$ MPa ; $f_y = 400$ MPa ; Largeur de la nervure
B=350 mm .

La poutre est simplement appuyée de portée 16000 mm et sollicitée
par un moment pondéré de 3000 KN.m .

Déterminer l'armature tendue .

Résultats du livre : Armature tendue requise $A_s = 9630$ mm²

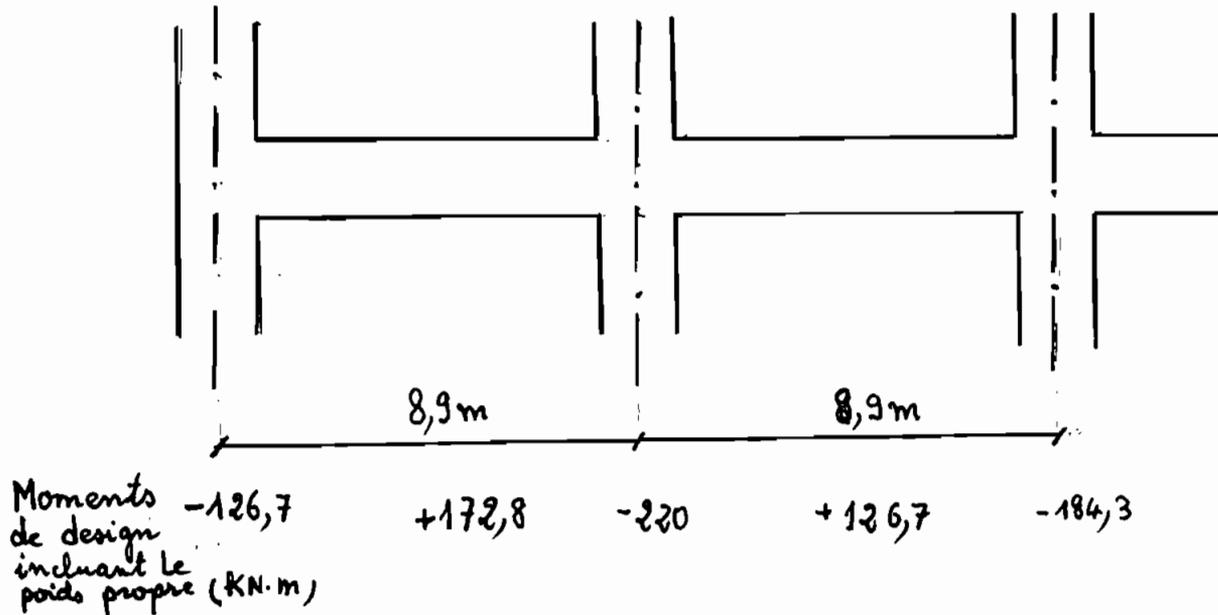
PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

POUTRE EN T SIMPLEMENT ARMÉE
RÉSULTATS FINALS.

Largeur Bw de la Nervure (en mm)	=	500.000
Largeur Effective B (en mm)	=	1500.000
Moment de design (en KN.m)	=	3000.000
Section d'acier nécessaire (en mm ²)	=	9634.339
Armature choisie (en mm ²)	=	10009.821
Diamètres de barres (en mm)	=	35.700
Nombre de barres	=	10
Hauteur utile D (en mm)	=	1000.000
Moment résistant (en KN.m)	=	3097.467
Epaisseur de la Table (en mm)	=	100.000
NOMBRE DE LITS	=	2

4.3.1.6) Exemple de poutre continue (moment connu)

On considère la poutre continue de la figure suivante :



$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Diamètre maximal du gros granulat = 20 mm

Calculer les dimensions de cette poutre et les armatures requises aux sections indiquées (sections simplement armées).

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS LES RÉSULTATS MENTIONNÉS A LA PAGE SUIVANTE :

*****LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:*****

LARGEUR B (en mm) = 270.000
 HAUTEUR UTILE D (en mm) = 480.000
 HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) = 491.081
 ARMATURE MINIMALE (en mm²) = 453.600
 ARMATURE MAXIMALE (en mm²) = 2974.320

<>***** RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.1 *****<>

	APPUI GAUCHE	EN TRAVEE	APPUI DROIT
MOMENT (en KN.m)	-126.70	172.80	-220.00
ACIER REQUIS (en mm ²)	836.31	1177.74	1555.47
ACIER PREVU (en mm ²)	997.52	1496.28	2106.46
SI DIAMETRE UNIFORME ON A :			
DIAMETRE DES BARRES (mm)	25.20	25.20	29.90
NOMBRE TOTAL DE BARRES	2	3	3
SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :			
PLUS GRAND DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE GRAND Ø	0	0	0
PLUS PETIT DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE PETIT Ø	0	0	0
NOMBRE DE LITS :	1	1	1

<>***** RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.2 *****<>

	APPUI GAUCHE	EN TRAVEE	APPUI DROIT
MOMENT (en KN.m)	-220.00	126.70	-184.30
ACIER REQUIS (en mm ²)	1555.47	836.31	1266.89
ACIER PREVU (en mm ²)	2106.46	997.52	1496.28
SI DIAMETRE UNIFORME ON A :			
DIAMETRE DES BARRES (mm)	29.90	25.20	25.20
NOMBRE TOTAL DE BARRES	3	2	3
SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :			
PLUS GRAND DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE GRAND Ø	0	0	0
PLUS PETIT DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE PETIT Ø	0	0	0
NOMBRE DE LITS :	1	1	1

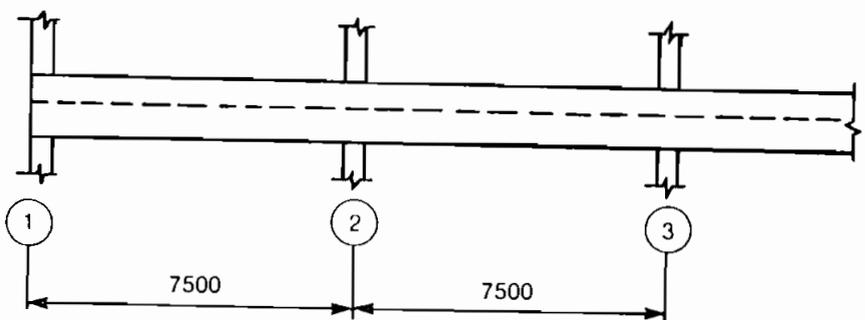
4.3.1.7) Méthode forfaitaire

Exemple 2.9 page 2.11 à 2.12 de Concrete Design Handbook

$$f'_c = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa} \quad B = 500 \text{ mm} \quad D = 336 \text{ mm}$$

Charge pondérée totale : $W_f = 52.59 \text{ KN.m}$

Les autres données et résultats obtenus sont mentionnés ci-dessous.



Column line		1	2	3		
Total span L (on centers)		7500		7500		
Clear span L_n	(mm)	6750	6750	6875	7000	7000
Moment coefficient C_M		1/16	1/14	1/10	1/16	1/11
Factored moment $M_f = w_f L_n^2 C_M$	(kN·m)	149.8	171.2	248.6	161.1	234.3
Strength factor $K_f = (M_f 10^6) / (b_w d^2)$	(MPa)	2.65	3.04	4.40	2.85	4.15
Web reinforcement ratio ρ_w from Table 2.18 except * (see 6. below) (%)		0.88	0.96*	1.66	0.89*	1.54
Area of steel required A_s	(mm ²)	1478	1613	2789	1495	2587
Bar selection		3—No. 25	4—No. 25	6—No. 25	3—No. 25	6—No. 25

* PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS LES RÉSULTATS MENTIONNÉS A LA PAGE

SUIVANTE :

***** LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:*****

LARGEUR B (en mm) = 500.000
 HAUTEUR UTILE D (en mm) = 336.000
 HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) = 405.405
 ARMATURE MINIMALE (en mm²) = 588.000
 ARMATURE MAXIMALE (en mm²) = 3213.000
 CHARGE TOTALE PONDEREE (KN/m) = 52.590

***** RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE DE RIVE *****

	APPUI GAUCHE	EN TRAVEE	APPUI DROIT
COEFFICIENT	$\gamma -1/16$	$\gamma +1/14$	$\gamma -1/10$
PORTEE Ln (en mm)	6750.00	6750.00	6875.00
MOMENT (en KN.m)	-149.76	171.15	-248.57
ACIER REQUIS (en mm ²)	1486.21	1737.88	2796.54
ACIER PREVU (en mm ²)	1496.28	1995.04	2992.56
SI DIAMETRE UNIFORME ON A :			
DIAMETRE DES BARRES (mm)	25.20	25.20	25.20
NOMBRE TOTAL DE BARRES	3	4	6
SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :			
PLUS GRAND DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE GRAND ϕ	0	0	0
PLUS PETIT DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE PETIT ϕ	0	0	0
NOMBRE DE LITS :	1	1	1

***** RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE INTERIEURE *****

	APPUI GAUCHE	EN TRAVEE	APPUI DROIT
COEFFICIENT	$\gamma -1/11$	$\gamma +1/16$	$\gamma -1/11$
PORTEE Ln (en mm)	6875.00	7000.00	6875.00
MOMENT (en KN.m)	-225.97	161.06	-225.97
ACIER REQUIS (en mm ²)	2457.27	1617.44	2457.27
ACIER PREVU (en mm ²)	2493.80	1995.04	2493.80
SI DIAMETRE UNIFORME ON A :			
DIAMETRE DES BARRES (mm)	25.20	25.20	25.20
NOMBRE TOTAL DE BARRES	5	4	5
SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :			
PLUS GRAND DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE GRAND ϕ	0	0	0
PLUS PETIT DIAMETRE (mm)	0.00	0.00	0.00
NOMBRE DE BARRES DE PETIT ϕ	0	0	0
NOMBRE DE LITS :	1	1	1

4.3.1.8) Dalle portant dans une direction

$f'_c = 30 \text{ MPa}$; $f_y = 400 \text{ MPa}$.Utiliser les barres N°10 ($\phi=11.3 \text{ mm}$)

Les moments de Design et les résultats obtenus par le logiciel sont mentionnés ci-dessous :

***** LES DIMENSIONS RETENUES POUR LE CALCUL DE LA DALLE SONT : *****

LARGEUR DE LA BANDE DE CALCUL B (en mm)	=	1000.000
HAUTEUR UTILE D (en mm)	=	104.350
EPAISSEUR MINIMALE DE LA DALLE (en mm)	=	129.167
EPAISSEUR RETENUE (en mm)	=	130.000

***** RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.1 *****

	APPUI GAUCHE	EN TRAVÉE	APPUI DROIT
MOMENT (en KN.m)	-4.00	6.88	-10.69
ACIER REQUIS (en mm ²)	114.13	198.10	311.65
DIAMETRE DES BARRES (mm)	11.30	11.30	11.30
ESPACEMENT CALCULEE (mm)	390	390	320
ESPACEMENT MAXI PERMIS (mm)	390	390	390
ARMATURE MINIMALE (mm ²)	260.00	260.00	260.00

***** RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.2 *****

	APPUI GAUCHE	EN TRAVÉE	APPUI DROIT
MOMENT (en KN.m)	-9.71	7.38	-11.43
ACIER REQUIS (en mm ²)	282.16	212.83	334.04
DIAMETRE DES BARRES (mm)	11.30	11.30	11.30
ESPACEMENT CALCULEE (mm)	360	390	300
ESPACEMENT MAXI PERMIS (mm)	390	390	390
ARMATURE MINIMALE (mm ²)	260.00	260.00	260.00

4.3.2) Exemples dans la Norme Française (BAEL83)

4.3.2.1) Dimensionnement de poutre rectangulaire armée en Tension

* Exemple de la page 77 du livre de PIERRE CHARON (2^e édition)

DONNÉES : béton: $\bar{\sigma}_b = 14.2$ MPa ($f_{c28} = 25$ MPa)

acier FeE40, type1 , $\gamma_s = 1.15$ ($f_y = 400$ MPa)

B=30 cm D= 71 cm

La poutre est sollicitée par un moment pondéré de 420 KN.m .
Déterminer l'armature tendue .

Résultats du livre : A =19.10 cm² (armature tendue)

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

POUTRE RECTANGULAIRE COMPORTANT UNIQUEMENT LES ARMATURES TENDUES

LARGEUR DE LA POUTRE B (en cm)	----->	30.000
HAUTEUR TOTALE H (en cm)	----->	75.000
HAUTEUR UTILE D (en cm)	----->	71.000
MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m)	----->	420.000
ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm ²)	----->	19.112

4.3.2.2) Dimensionnement de poutre rectangulaire armée
en tension et en compression

* Exemple de la page 83 du livre de PIERRE CHARON (2^e édition)

DONNÉES : béton: $\bar{\sigma}_b = 14.2$ MPa ($f_{c28} = 25$ MPa)

acier FeE40, type1 , $\gamma_s = 1.15$ ($f_y = 400$ MPa)

B=20 cm D= 43 cm D'= 4 cm

La poutre est sollicitée par un moment pondéré de 320 KN.m .
 Déterminer les armatures tendue et comprimée .

Résultats du livre : A =27.18 cm²

A' = 8.41 cm²

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

POUTRE RECTANGULAIRE COMPORTANT :
 ARMATURES TENDUES ET COMPRIMÉES

DISTANCE DE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE AU		
CENTRE DE GRAVITÉ DE L'ACIER COMPRIMÉ (en cm)	----->	4.000
LARGEUR DE LA POUTRE B (en cm)	----->	20.000
HAUTEUR TOTALE H (en cm)	----->	50.000
HAUTEUR UTILE D (en cm)	----->	43.000
MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m)	----->	320.000
ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm ²)	----->	27.185
ARMATURE COMPRIMÉE (en cm ²)	----->	8.465

4.3.2.3) Dimensionnement de poutre en T armée en tension

* Exemple de la page 97 du livre de PIERRE CHARON (2^e édition)

DONNÉES : béton: $\bar{\sigma}_b = 14.2$ MPa ($f_{c28} = 25$ MPa)

acier FeE50, type1 , $\gamma_s = 1.15$ ($f_y = 500$ MPa)

Largeur de la table $B = 100$ cm Largeur de la nervure $B_o = 30$ cm

Hauteur utile $D = 63$ cm Épaisseur de la table $H_o = 8$ cm

La poutre est sollicitée par un moment pondéré de 720 KN.m .

Déterminer l'armature tendue .

Résultats du livre : $A = 28.24$ cm² (armature tendue)

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

RESULTATS FINALS POUTRE EN Tté SIMPLEMENT ARMÉE :

LARGEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)	---->	100.000
LARGEUR DE LA NERVURE (en cm)	---->	30.000
EPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)	---->	8.000
HAUTEUR TOTALE H (en cm)	---->	70.000
HAUTEUR UTILE D (en cm)	---->	63.000
MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m)	---->	720.000
ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm ²)	---->	28.258

4.3.2.4) Dimensionnement de poutre en forme de T armée en tension et compression

* Exemple de la page 101 du livre de PIERRE CHARON (2^e édition)

DONNÉES : béton: $\sigma_b = 14.2$ MPa ($f_{c28} = 25$ MPa)

acier FeE40, type1 , $\gamma_s = 1.15$ ($f_y = 400$ MPa)

Largeur de la table $B = 100$ cm Largeur de la nervure $B_o = 30$ cm

Hauteur utile $D = 80$ cm Épaisseur de la table $H_o = 8$ cm

distance de la fibre la plus comprimée à A' est $D' = 5$ cm

La poutre est sollicitée par un moment pondéré de 1750 KN.m .

Déterminer les armatures tendue et comprimée .

Résultats du livre : $A = 78.13$ cm² (armature tendue)

$A' = 2.95$ cm² (armature comprimée)

PAR LE LOGICIEL NOUS OBTENONS :

RESULTATS FINALS POUTRE EN T^e DOUBLEMENT ARMÉE :

LA DISTANCE QUI SÉPARE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE		
DU CENTRE DE GRAVITÉ DE L'ACIER COMPRIMÉ (en cm) --->		5.000
LARGEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm) ---->		100.000
LARGEUR DE LA NERVURE (en cm) ---->		30.000
EPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm) ---->		8.000
HAUTEUR TOTALE H (en cm) ---->		90.000
HAUTEUR UTILE D (en cm) ---->		80.000
MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m) ---->		1750.000
ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm ²) ---->		78.187
SECTION D'ACIER COMPRIMÉ (cm ²) ---->		3.137

4.3.3) INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET LIMITES DU LOGICIEL

Les résultats obtenus par le logiciel à partir des différents exemples tirés des références bibliographiques N°1, N°2 et N°5 sont assez satisfaisants. Il est quand même bon de signaler que pour certains exercices, on note de légères différences, différences qui s'expliquent par le fait que dans les livres, pour ces exercices ce sont les formules approximatives qui ont été utilisées. Pour les poutres rectangulaires lorsque les dimensions ne sont pas connues (CAN3A23.3M84) ; après avoir déterminé ces dernières, dans les livres ils utilisent, directement le pourcentage d'acier initial choisi entre $0.5 * \bar{f}_b$ et $0.6 * \bar{f}_b$ pour calculer l'armature , alors que de façon rigoureuse on doit calculer le nouveau pourcentage d'acier à partir des dimensions déterminées. Pour l'exemple de la méthode forfaitaire choisi dans le HANDBOOK, nous remarquons qu'ils ont pris comme coefficient -1/10 au niveau du deuxième poteau (à gauche comme à droite) alors que le code suggère -1/11 et -1/10 ; Ce qui explique l'écart entre les résultats du logiciel et ceux du livre. Au niveau des autres moments les résultats sont pratiquement les mêmes , mais les armatures obtenues pour les moments en travée diffèrent légèrement; Ceci s'explique par le fait que dans le Handbook, les calculs à ces sections sont faites comme pour une poutre en T .

Dans l'ensemble, les résultats obtenus sont très satisfaisants; Cependant le logiciel a certaines limites à savoir :

1°) Au niveau de la norme française on aurait pu traiter le cas des aciers du type 2 (armatures à haute adhérence obtenues par laminage à chaud suivi d'un écrouissage) bien que leur utilisation soit rejetée par BAEL83, mais autorisée pour des cas exceptionnels.

2°) Au niveau des poutres continues rectangulaires (utilisation des coefficients du code), lorsque le nombre de travées est supérieur à 2 , le logiciel ne traite que le cas où: les travées de rive sont identiques du point de vue appui et portée ; il faut aussi que les travées intérieures aient les mêmes portées. Comme nous l'avons expliqué plus haut , cette limitation n'est pas due à un problème de programmation , c'est juste pour économiser d'espace-mémoire sur la disquette afin d'avoir assez de bytes pour traiter tous les points du projet.

Chapitre V

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce projet nous a permis de réaliser un logiciel d'analyse et de dimensionnement des poutres et dalles en béton armé suivant les normes canadienne (CAN3A23.3M84) et française (BAEL 83) . Les états limites ultimes (surtout la flexion simple) ont constitué la base de nos calculs. Le logiciel a été écrit dans le langage Turbo Pascal (version 4). Les résultats obtenus avec ce dernier sont très satisfaisants, en effet il a été Testé par plusieurs exemples.

Ce logiciel présente alors une utilité non négligeable, aussi bien pour les étudiants que pour les ingénieurs praticiens. Ceci à cause de sa structure et de sa particularité d'avoir les deux normes , normes qui sont assez utilisées dans nos pays .

Dans le souci d'une meilleure utilisation de ce logiciel nous suggérons à l'usager de ce dernier d'être attentif aux messages qui apparaissent à l'écran au cours de l'exécution .

Enfin nous souhaitons qu'à l'année prochaine un autre projet se penche sur d'autres aspects du béton armé (cisaillement, torsion, et les états limites de service ...) qui n'ont pas été abordés dans ce logiciel .

ANNEXE N° 1

QUELQUES PRESCRIPTIONS DU CODE

Tableau 9-1
Épaisseur en dessous de laquelle on doit calculer les
flèches des poutres non précontraintes ou des dalles
portant dans une direction, qui ne supportent pas ou ne
sont pas fixées à des cloisons ou autres constructions
susceptibles d'être endommagées par une flèche
importante

Pièces	Épaisseur minimale, h			
	À appui simple	Continues à une extrémité	Continues aux deux extrémités	En porte-à-faux
Dalles pleines portant dans une direction	1/20	1/24	1/28	1/10
Poutres ou dalles nervurées portant dans une direction	1/16	1/18.5	1/21	1/8

Les valeurs de ce tableau doivent être utilisées directement pour les pièces en béton de densité normale ($\gamma_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$), comportant de l'acier d'armature de nuance 400. Dans d'autres conditions, on doit modifier les valeurs comme suit :

- dans le cas du béton léger et semi-léger, les valeurs du tableau doivent être multipliées par $(1.65 - 0.0003\gamma_c)$, (γ_c étant la masse volumique en kg/m^3), mais ne doivent pas être inférieures à 1.00; et
- lorsque la valeur de f_y diffère de 400 MPa, les valeurs du tableau doivent être multipliées par $(0.4 + f_y/670)$.

Cependant, dans la très grande majorité des cas où les efforts sont uniformément répartis, les valeurs obtenues par la méthode exposée au paragraphe 8.1.2.

la méthode exposée au paragraphe 8.1.2.

Les valeurs obtenues par cette méthode pour les moments fléchissants des poutres sont assez proches de celles qui seraient obtenues par une analyse plus exacte et ne nécessitent donc pas des calculs laborieux.

8.1.2 Méthode approchée de calcul

Le A23.3 (art. 8.1) permet l'utilisation de la méthode approchée de calcul des poutres continues et des dalles pleines continues portant dans une direction, exposée ci-après, lorsque les conditions suivantes sont remplies :

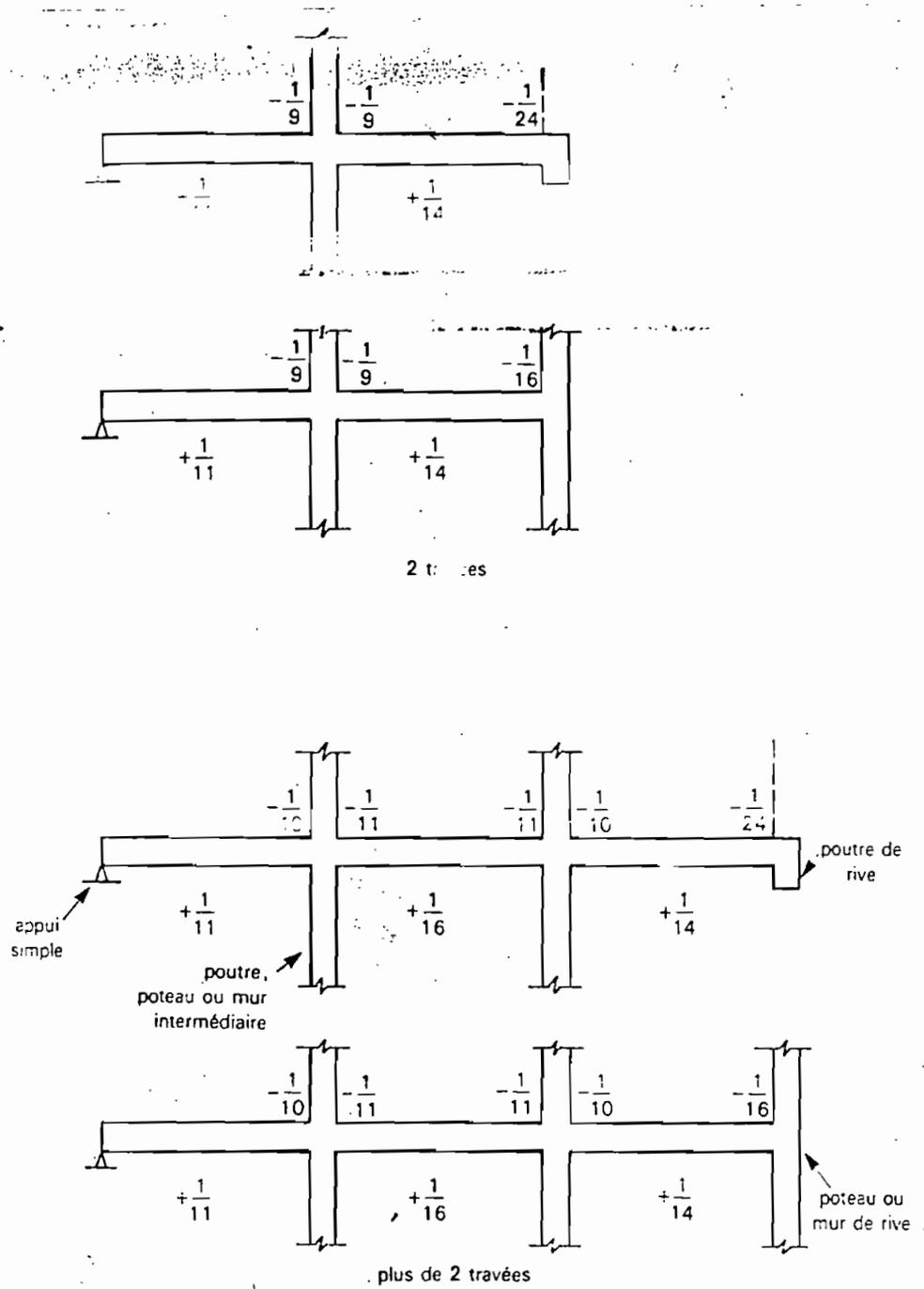
- les travées sont au nombre de deux ou plus ;
- les portées des travées adjacentes ne diffèrent pas de plus de 20 % ;
- les charges sont uniformément réparties ;
- la surcharge pondérée n'est pas supérieure à trois fois la charge permanente pondérée ;
- les éléments sont prismatiques, et les moments d'inertie des sections transversales sont les mêmes dans les différentes travées.

La méthode consiste à donner des valeurs forfaitaires aux efforts tranchants et aux moments fléchissants en travées et aux nus des appuis.

Les moments fléchissants sont donnés par

$$M_f = Cw_f l_n^2$$

FIGURE 9.2 Coefficients C pour le calcul des moments fléchissants



Aire des barres en mm ² par barre et largeur des dalles						
dimension des barres n°	10	15	20	25	30	35
diamètre nominal en mm	11.3	16.0	19.5	25.2	29.9	35.7
aire d'une barre en mm ²	100	200	300	500	700	1000
espacement des barres en mm						
80	1250	2500	3750	6250	8750	12500
100	1000	2000	3000	5000	7000	10000
120	833	1667	2500	4167	5833	8333
140	714	1429	2143	3571	5000	7143
160	625	1250	1875	3125	4375	6250
180	556	1111	1667	2778	3889	5556
200	500	1000	1500	2500	3500	5000
220	455	909	1364	2273	3182	4545
240	417	833	1250	2083	2917	4167
260	385	769	1154	1923	2692	3846
280	357	714	1071	1786	2500	3571
300	333	667	1000	1667	2333	3333
320	313	625	938	1563	2188	3125
340	294	588	882	1471	2059	2941
360	278	556	833	1389	1944	2778
380	263	526	789	1316	1842	2632
400	250	500	750	1250	1750	2500
420	238	476	714	1190	1667	2381
440	227	455	682	1136	1591	2273
460	217	435	652	1087	1522	2174
480	208	417	625	1042	1458	2083
500	200	400	600	1000	1400	2000

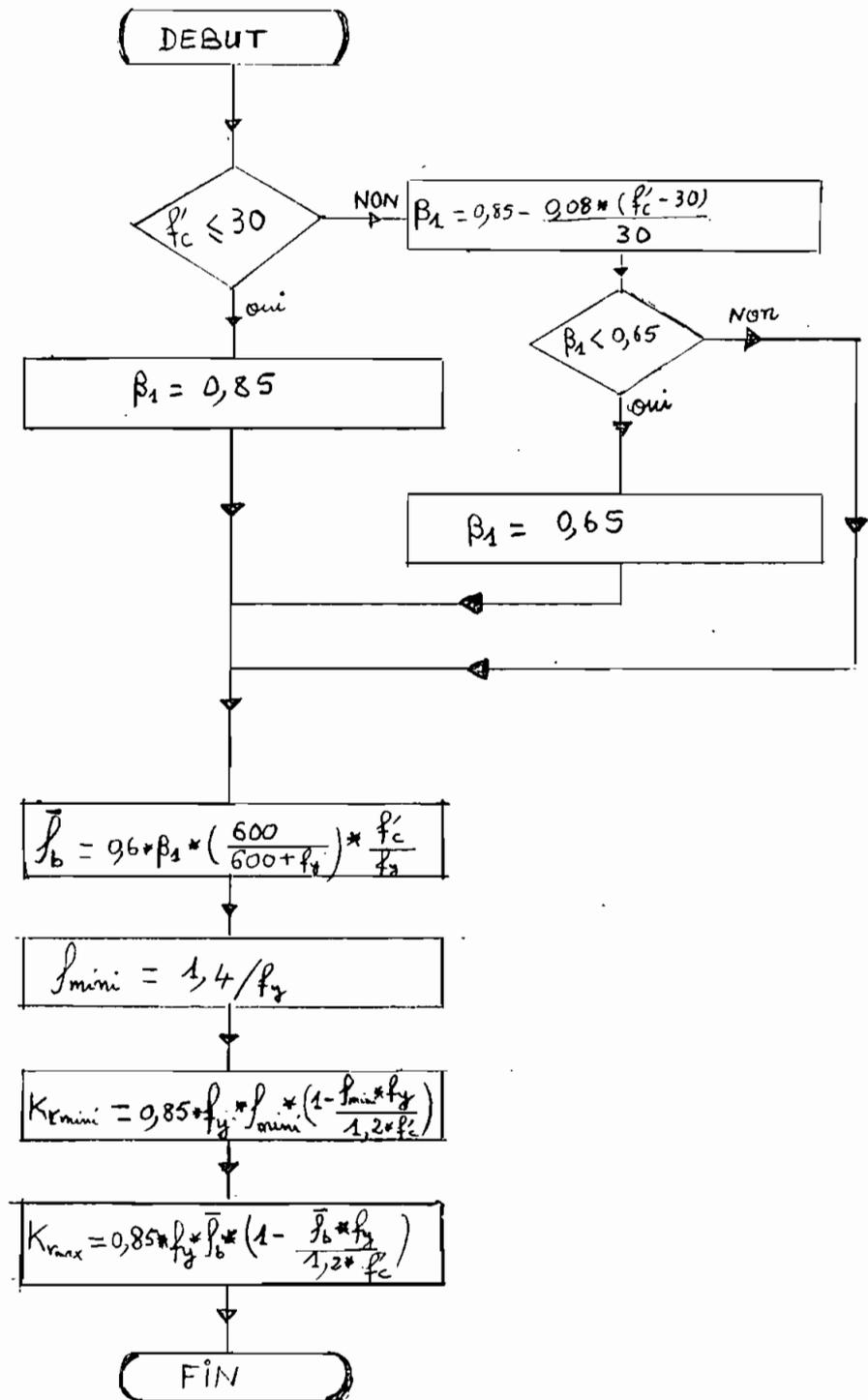
Tableau 9.1

ANNEXE N°2

QUELQUES ORGANIGRAMMES PRINCIPAUX

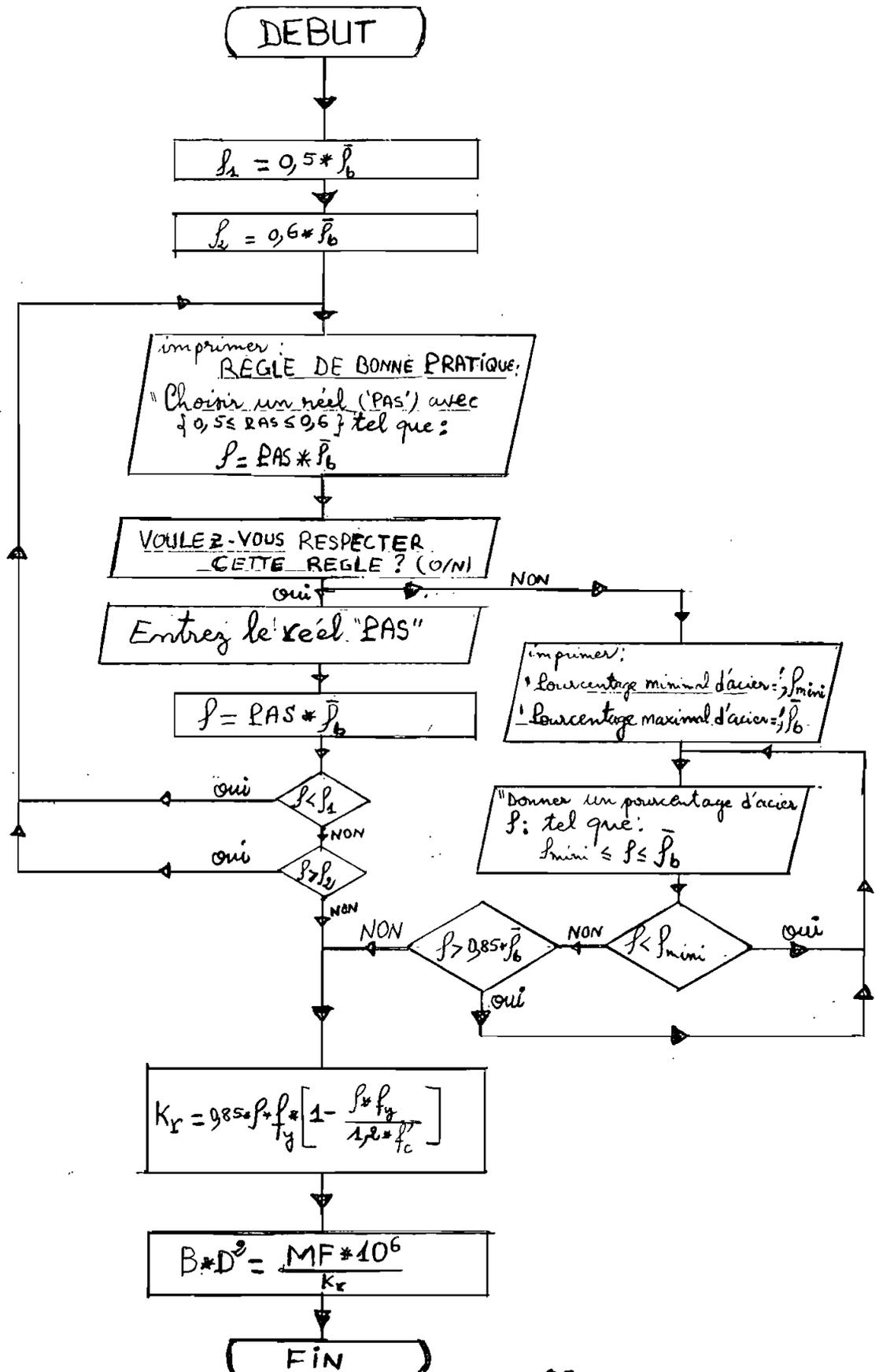
ORGANIGRAMME C.1: Calcul des Pourcentages Maximal et Minimal
d'acier (f_{mini} et f_{max})

(CAN 3 A23.3 M84)



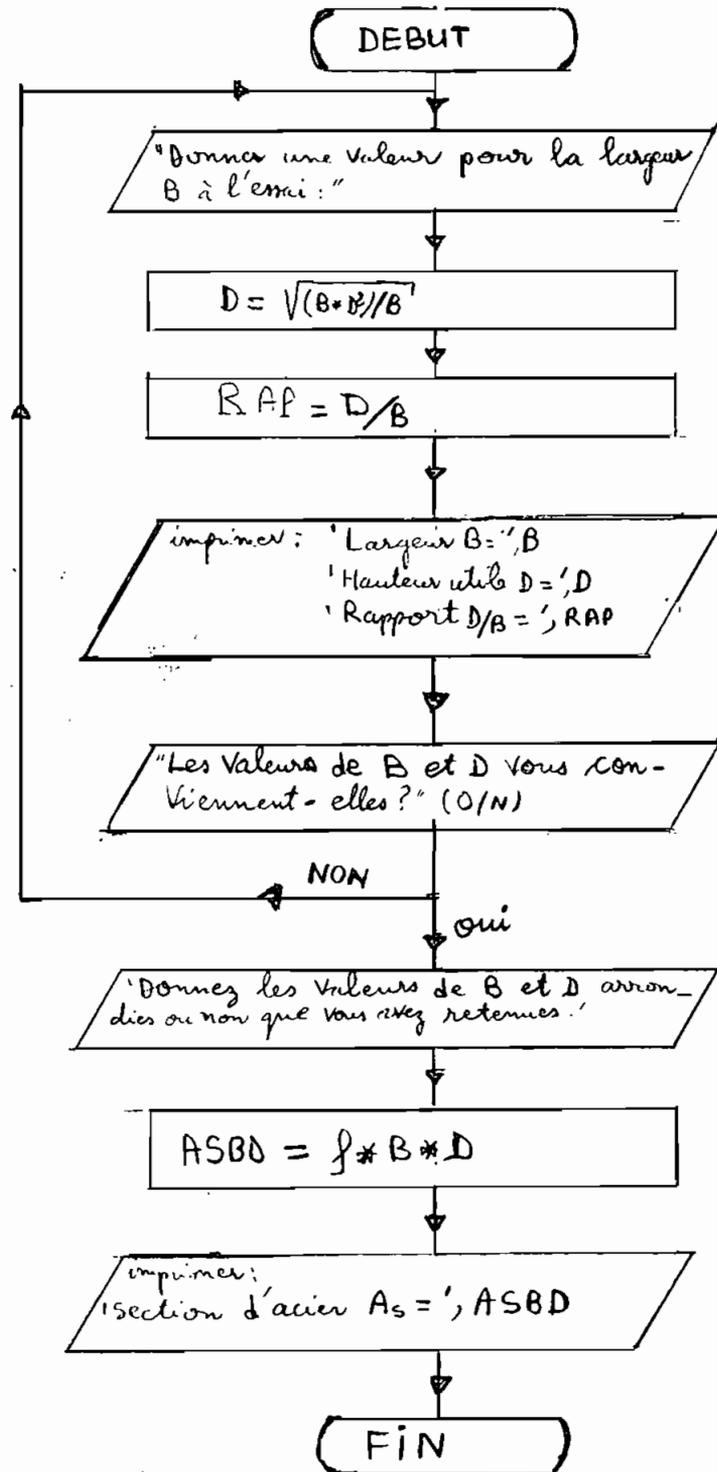
ORGANIGRAMME C3 : Choix du Pourcentage d'acier ρ et Calcul de K_r

(CAN3 A23.3 M84)



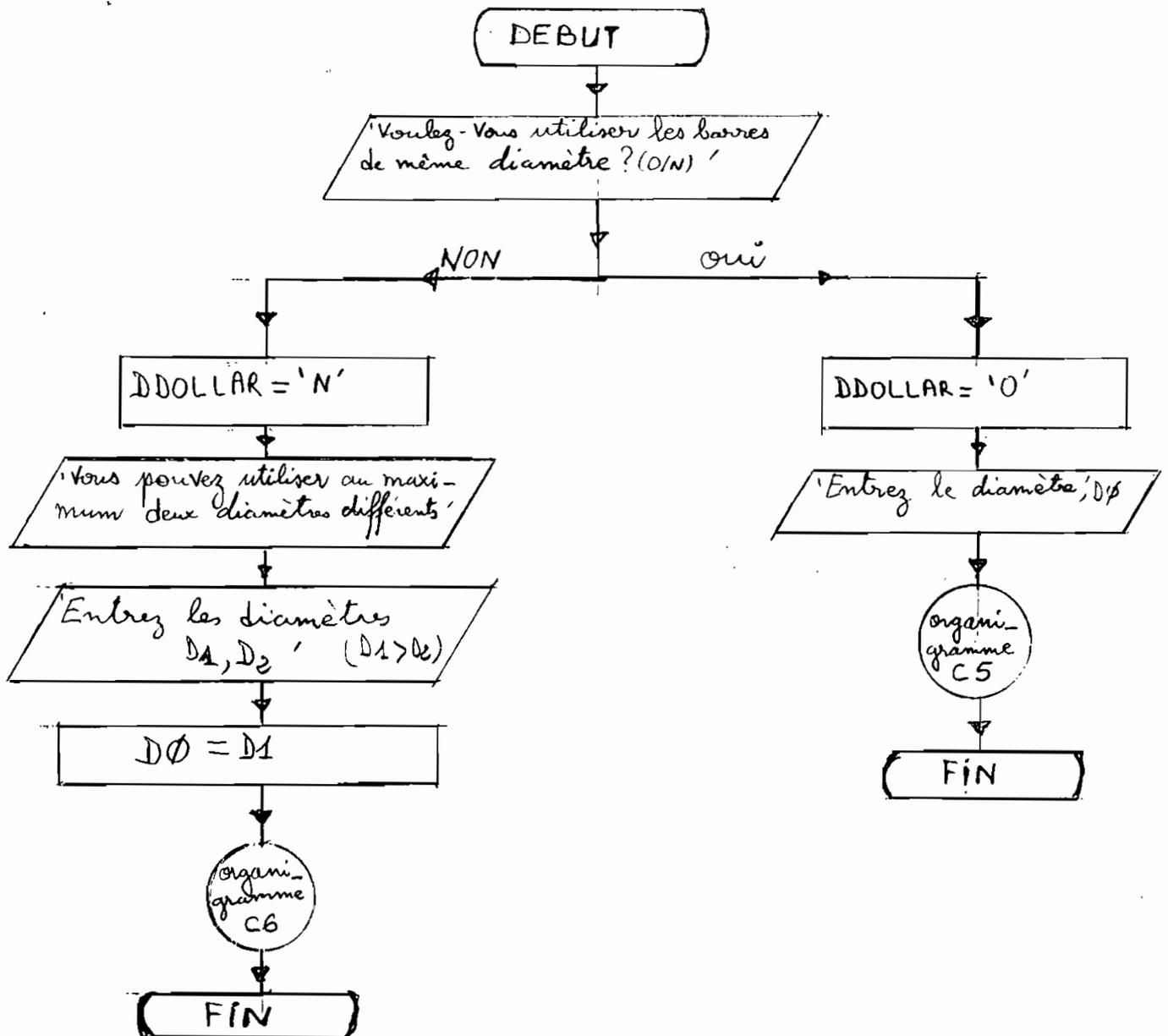
ORGANIGRAMME C3: Détermination des dimensions de la poutre
et la Section d'acier

(CAN3A03.3 M84)



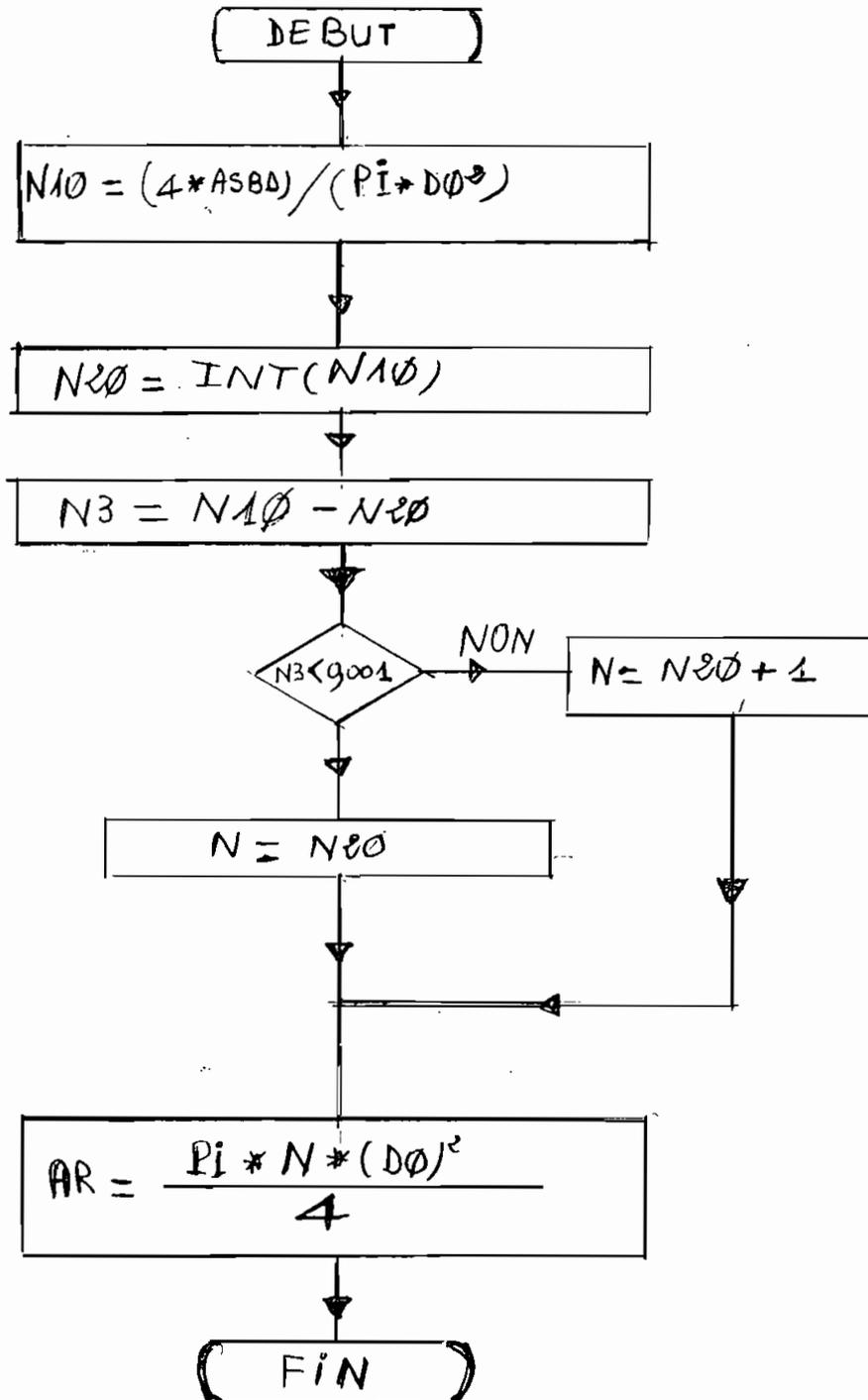
ORGANIGRAMME C4 : Choix des diamètres des barres

(CAN3A23.3M84)



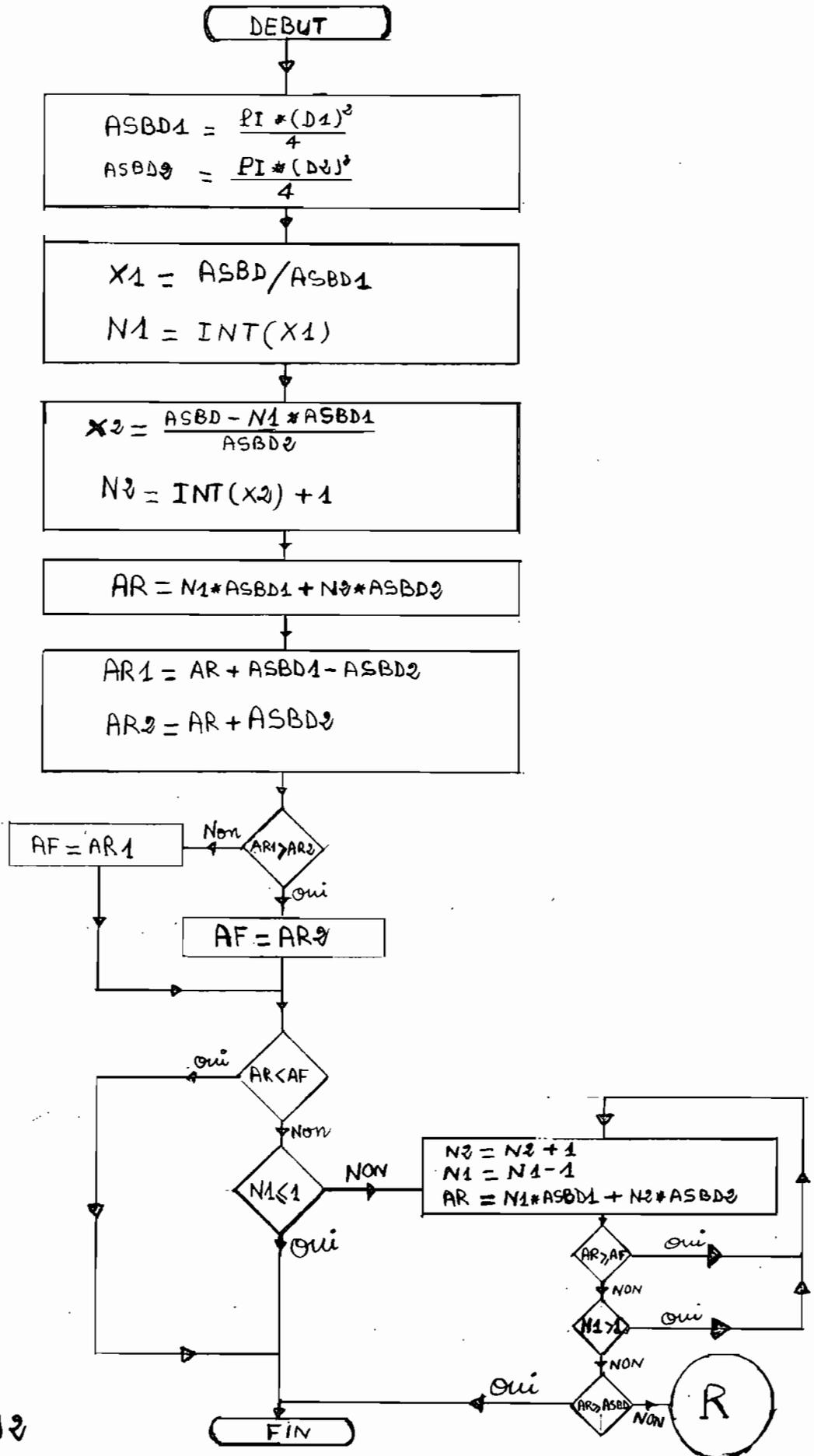
ORGANIGRAMME C5 : Détermination du nombre de barres de même diamètre

(CAN3A93.3M84)



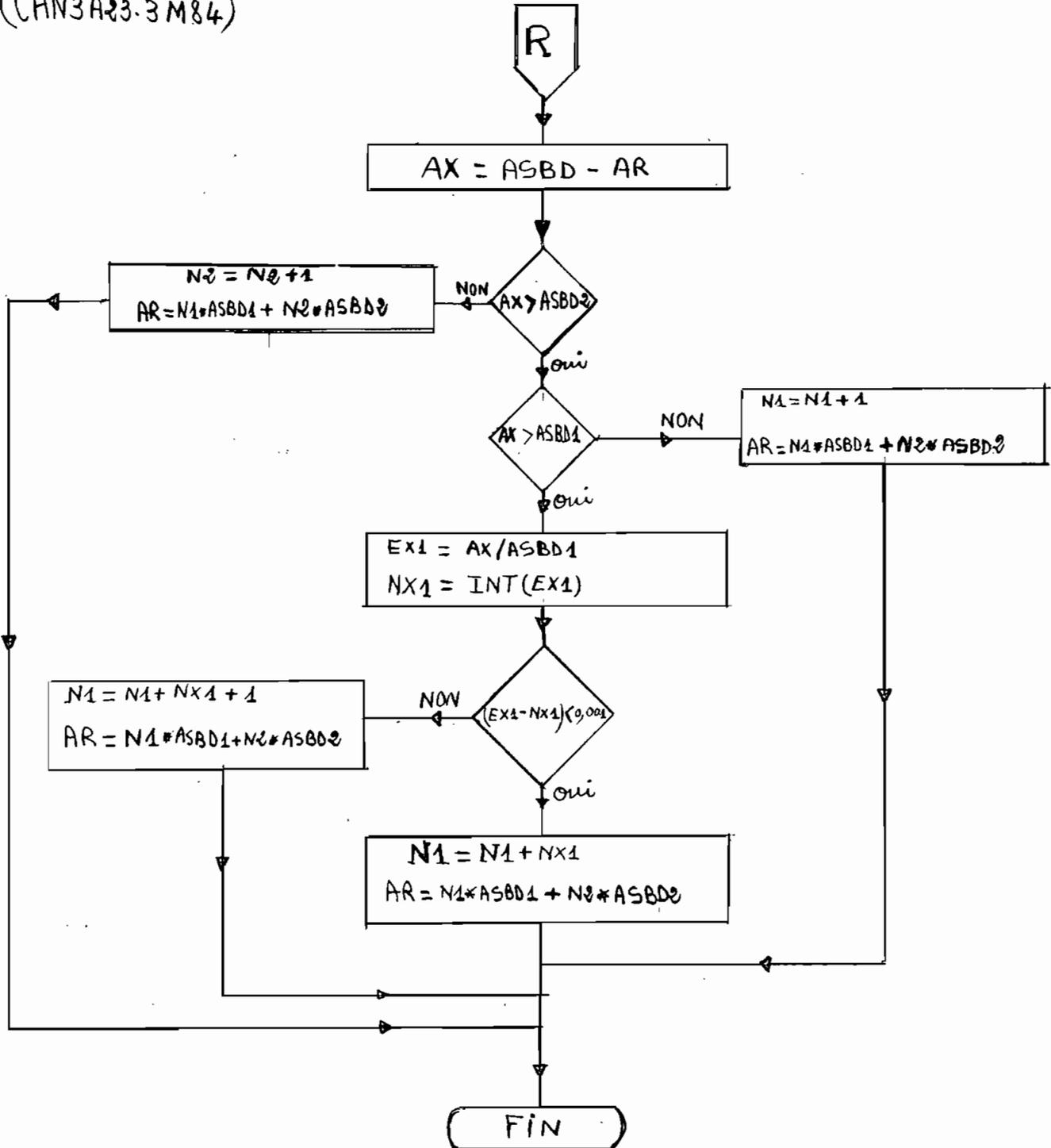
ORGANIGRAMME C6 : Détermination du nombre de barres de diamètres différents

(CAN3A23.3M84)



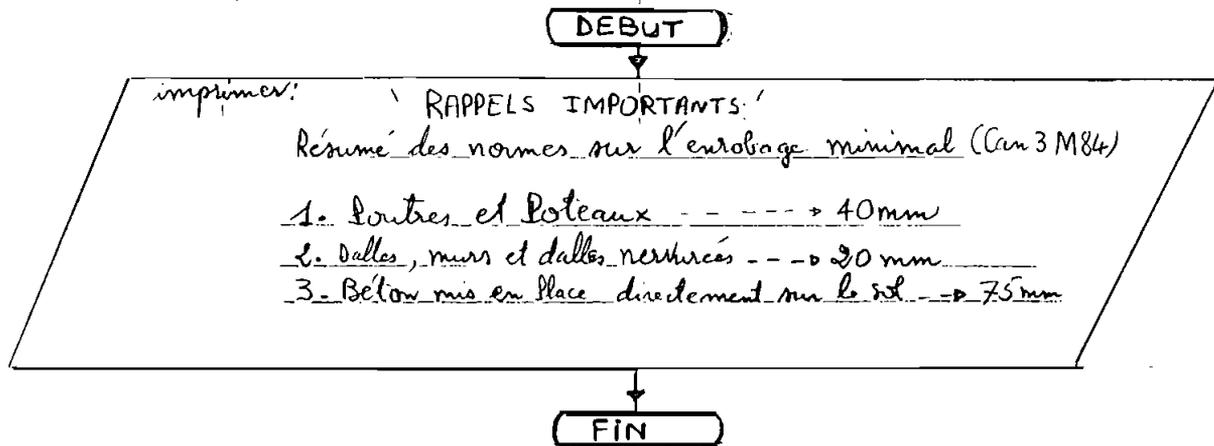
ORGANIGRAMME C6: - Détermination du nombre des barres de diamètres différents
(suite et fin)

(CAN3A23.3M84)

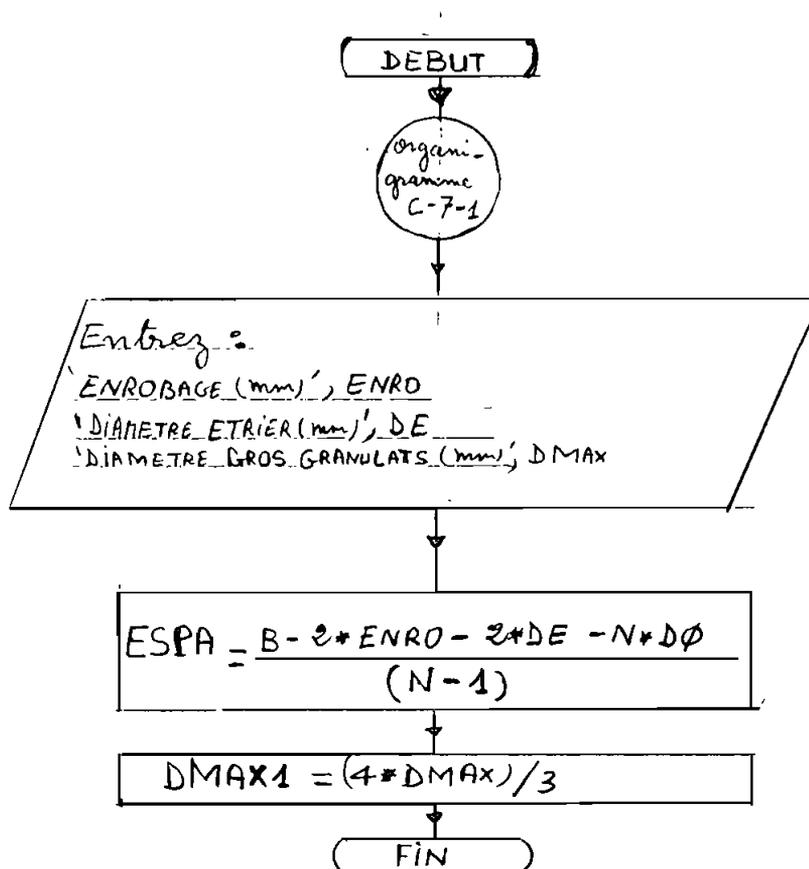


ORGANIGRAMME C7-1 : Résumé des différents enrobages de l'article (A12.11.2.1 du A23.3/

(CAN3A23.3 M84)

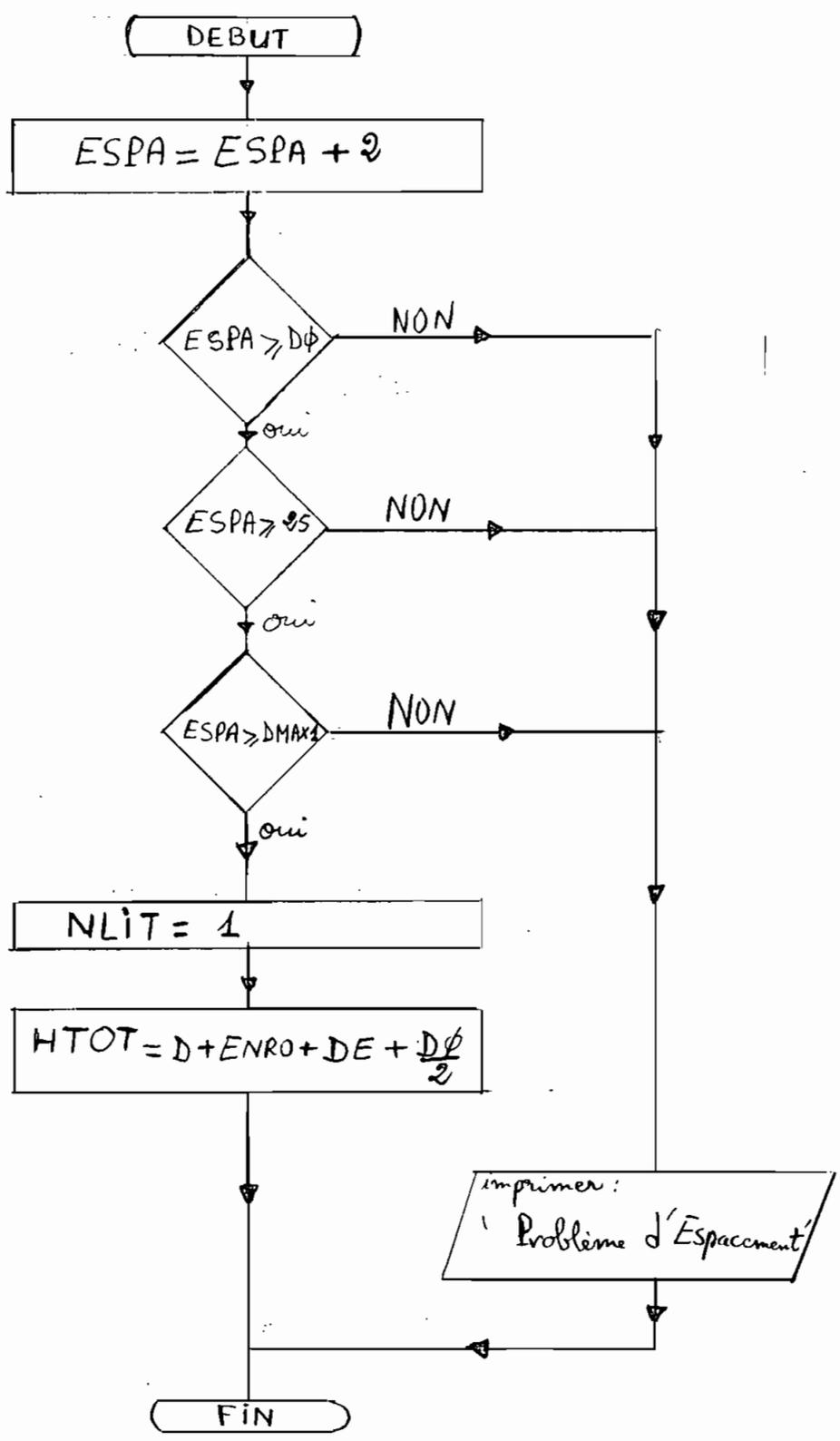


ORGANIGRAMME C7 : Calcul de l'espacement réel entre deux barres sur un lit



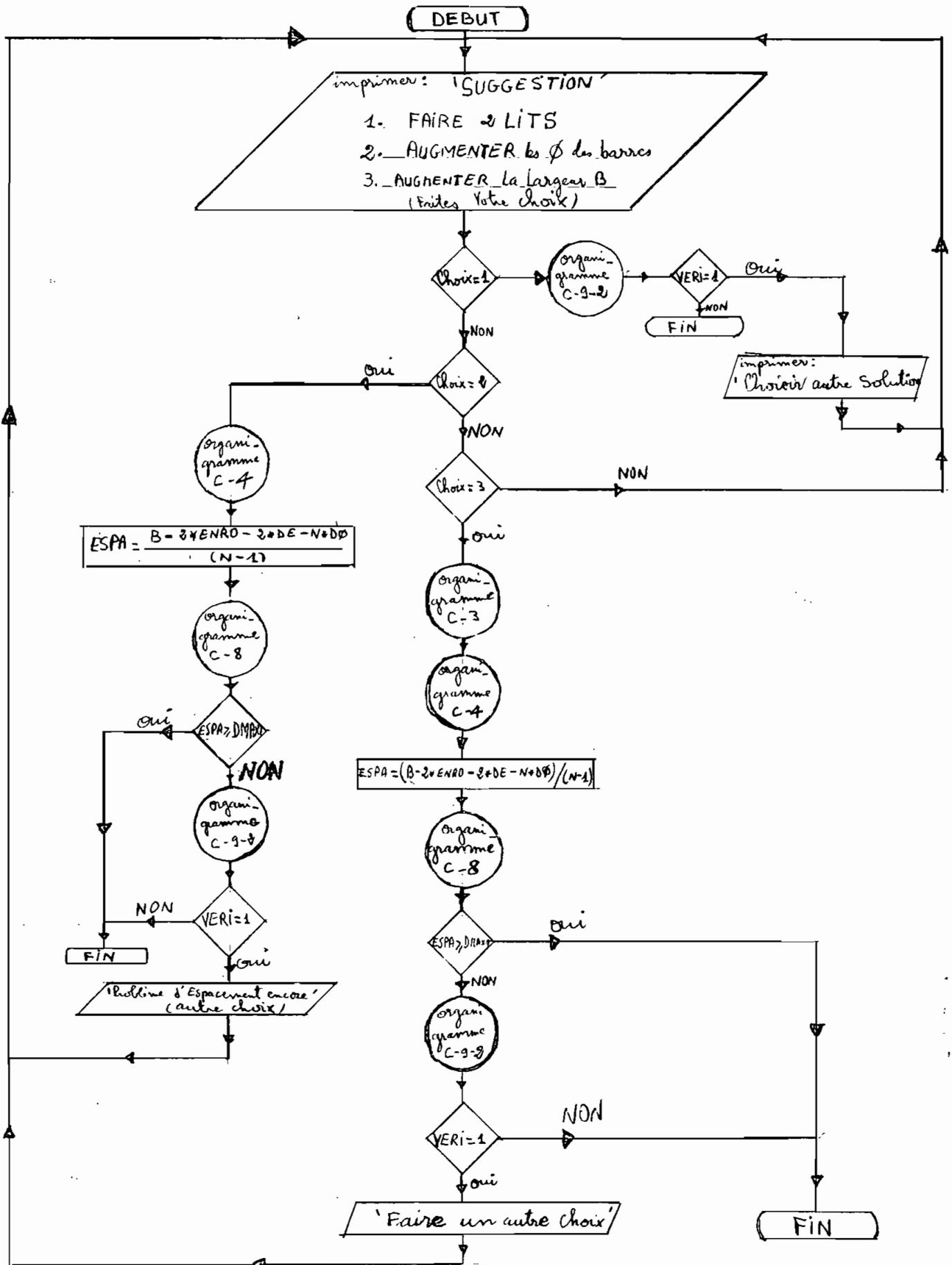
ORGANIGRAMME C8 : VERIFICATION de l'ESPACEMENT SUR UN LIT

(CANBA233M84)



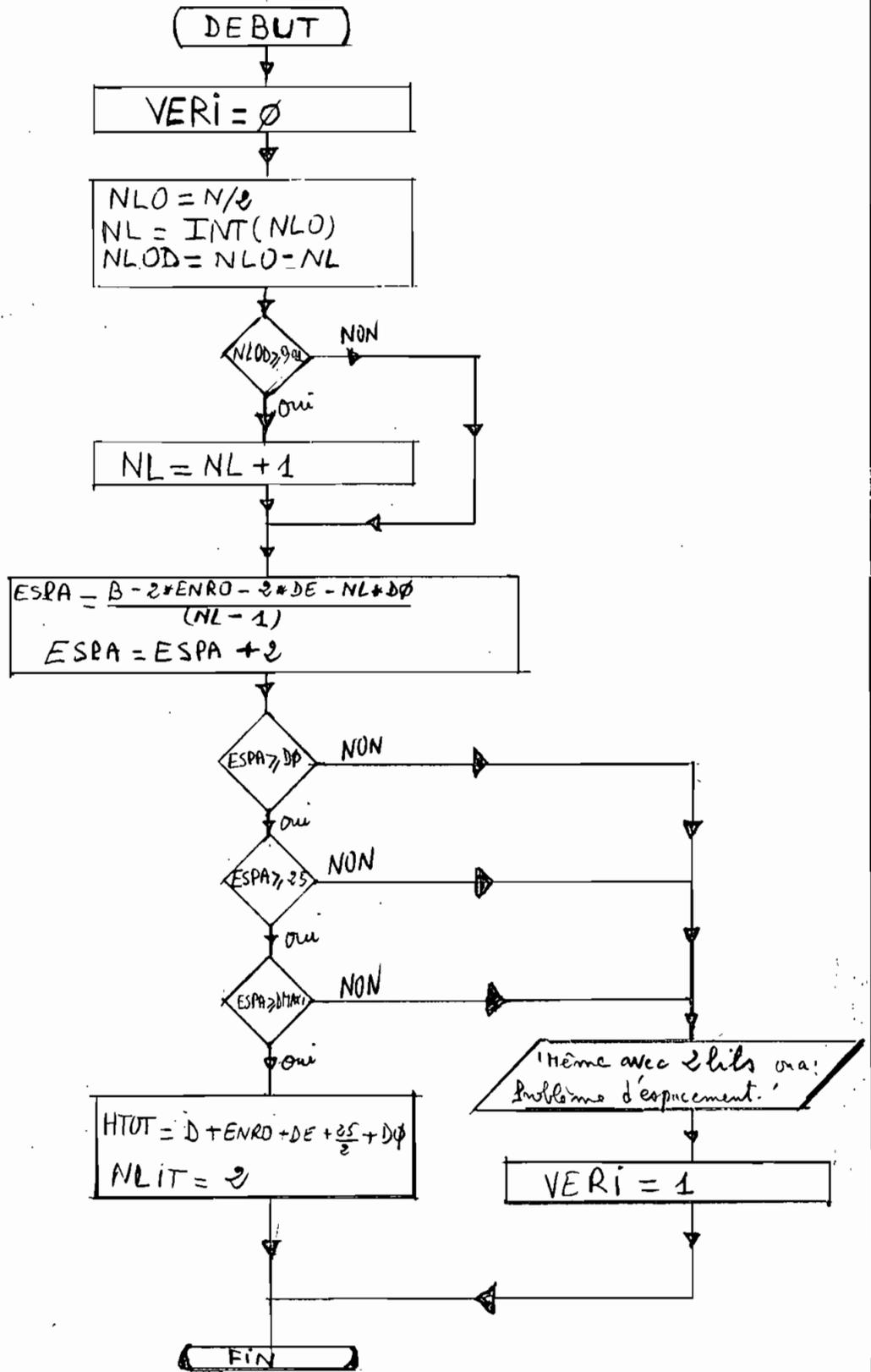
ORGANIGRAMME C-9-1: Vérification de l'espacement (suite)

(CAN3A23.3M84)

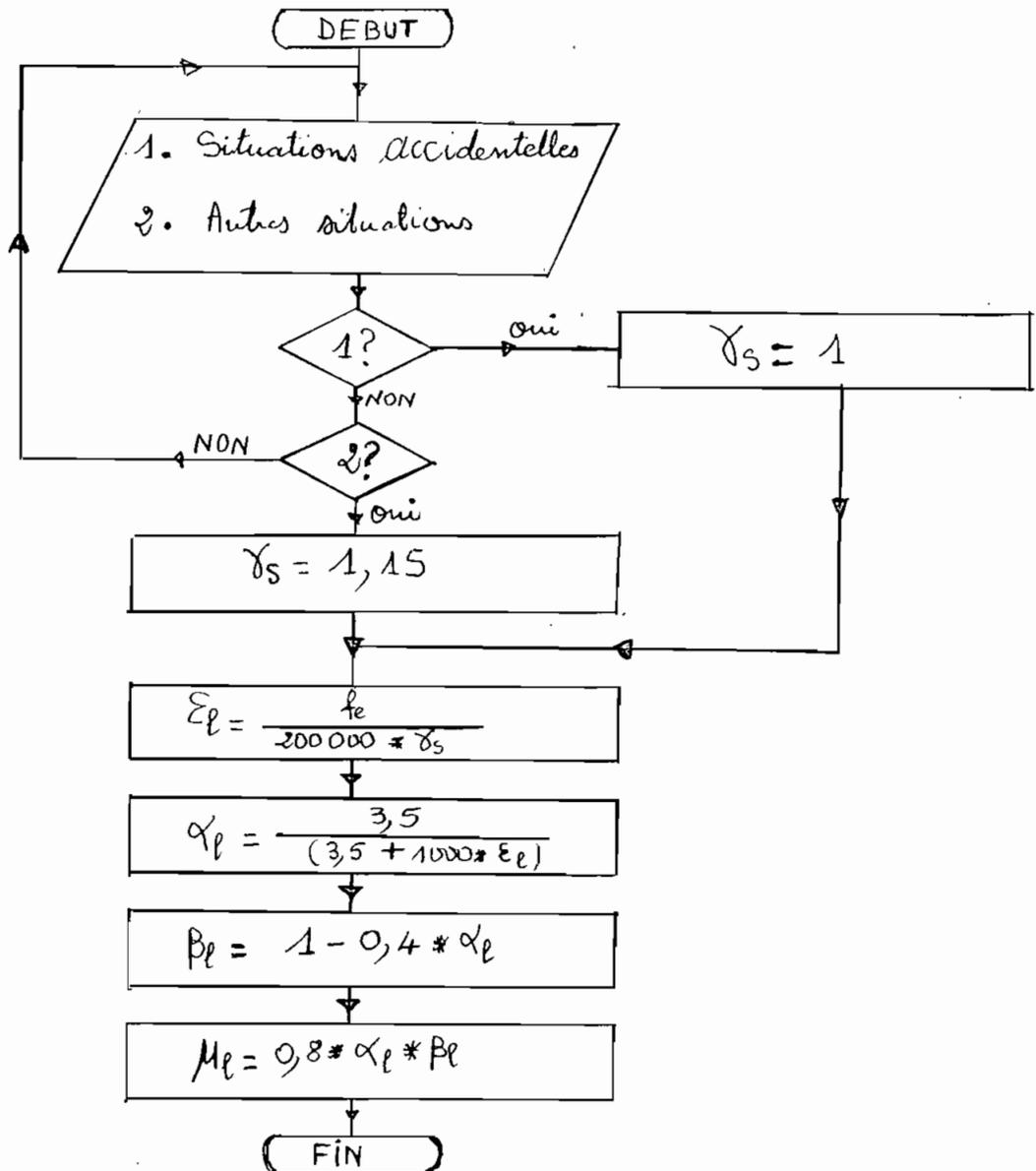


ORGANIGRAMME C-9-2: Vérification de l'espacement (suite)
(sur 2 lits)

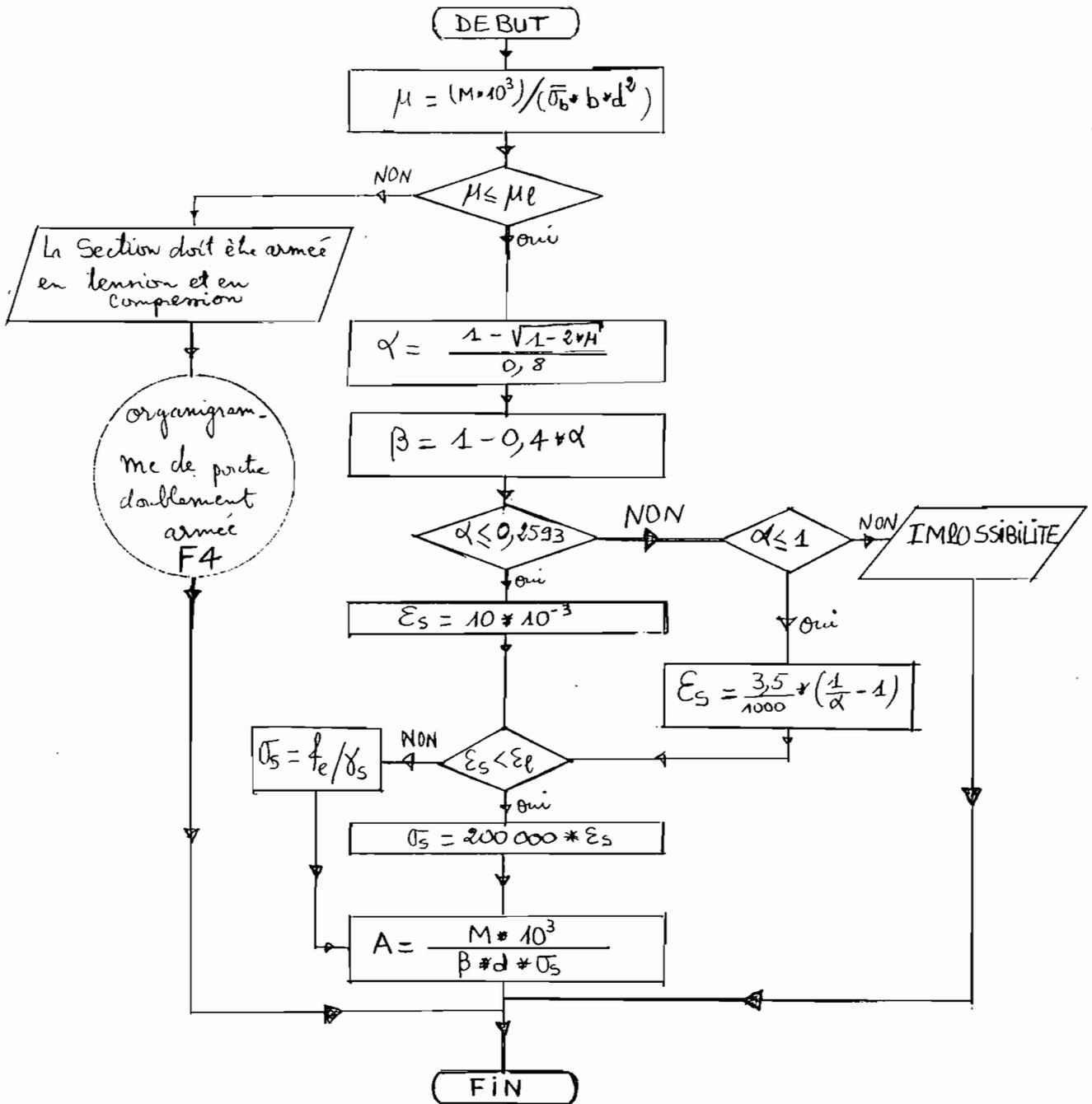
(CAN3A93.3M84)



ORGANIGRAMME F1: Calcul des Valeurs limites des Coefficients ϵ_e , α_e , β_e et μ_e pour les aciers autres que les barres HA du type 2
(BAEL 83)

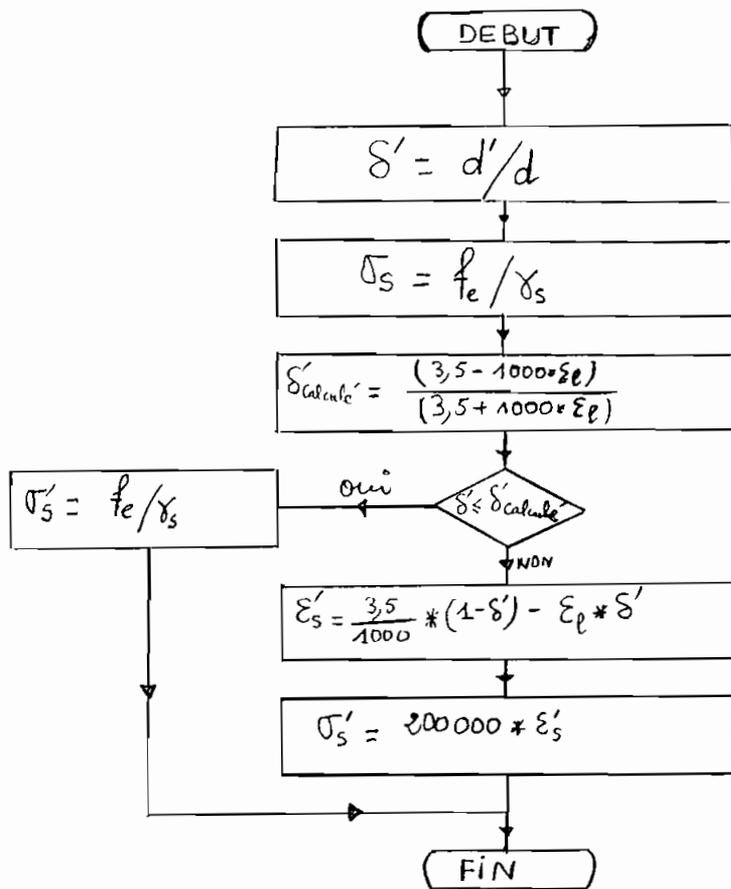


ORGANIGRAMME F3 : Calcul d'armatures pour les poutres rectangulaires armées uniquement en tension
(BAEL 83)

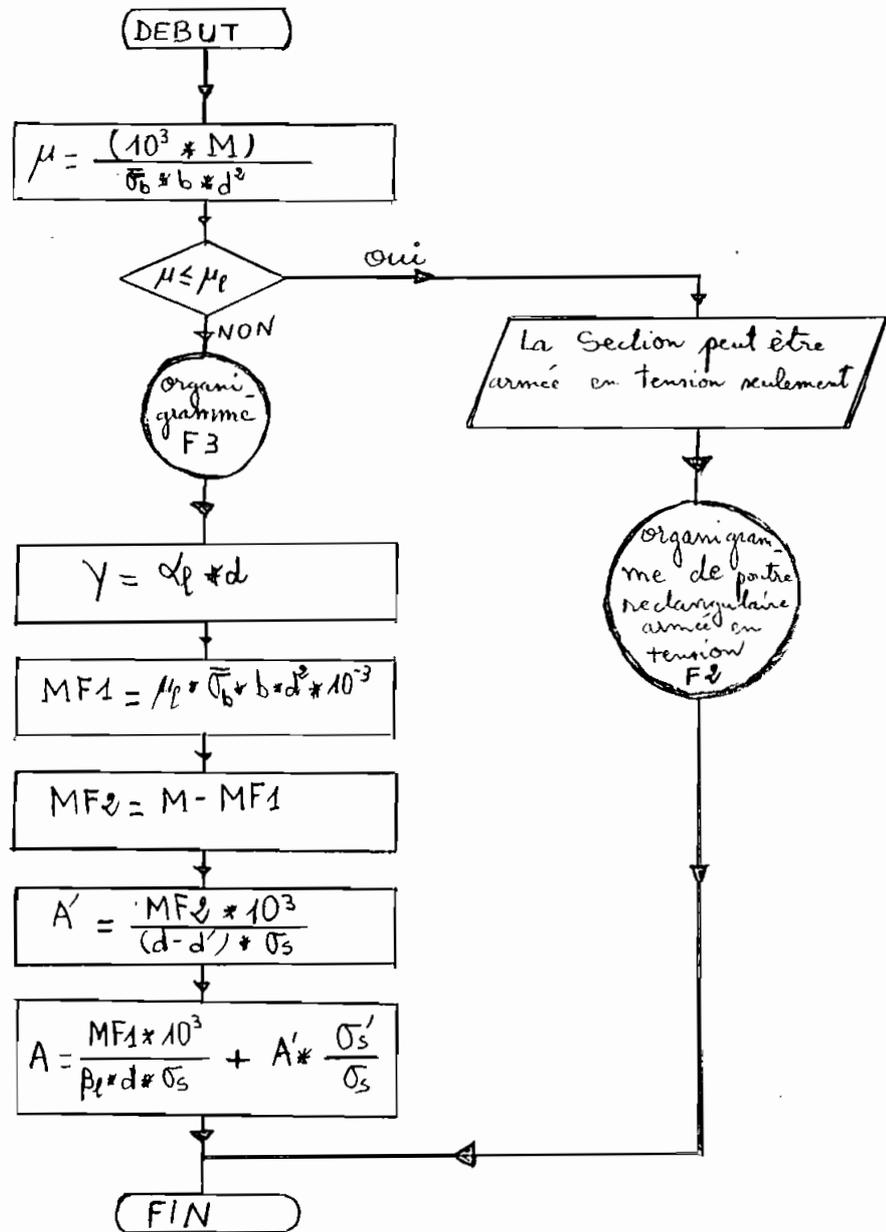


ORGANIGRAMME F3 : Recherche de la contrainte σ'_s
 (pour les aciers autres que ceux du type 2')

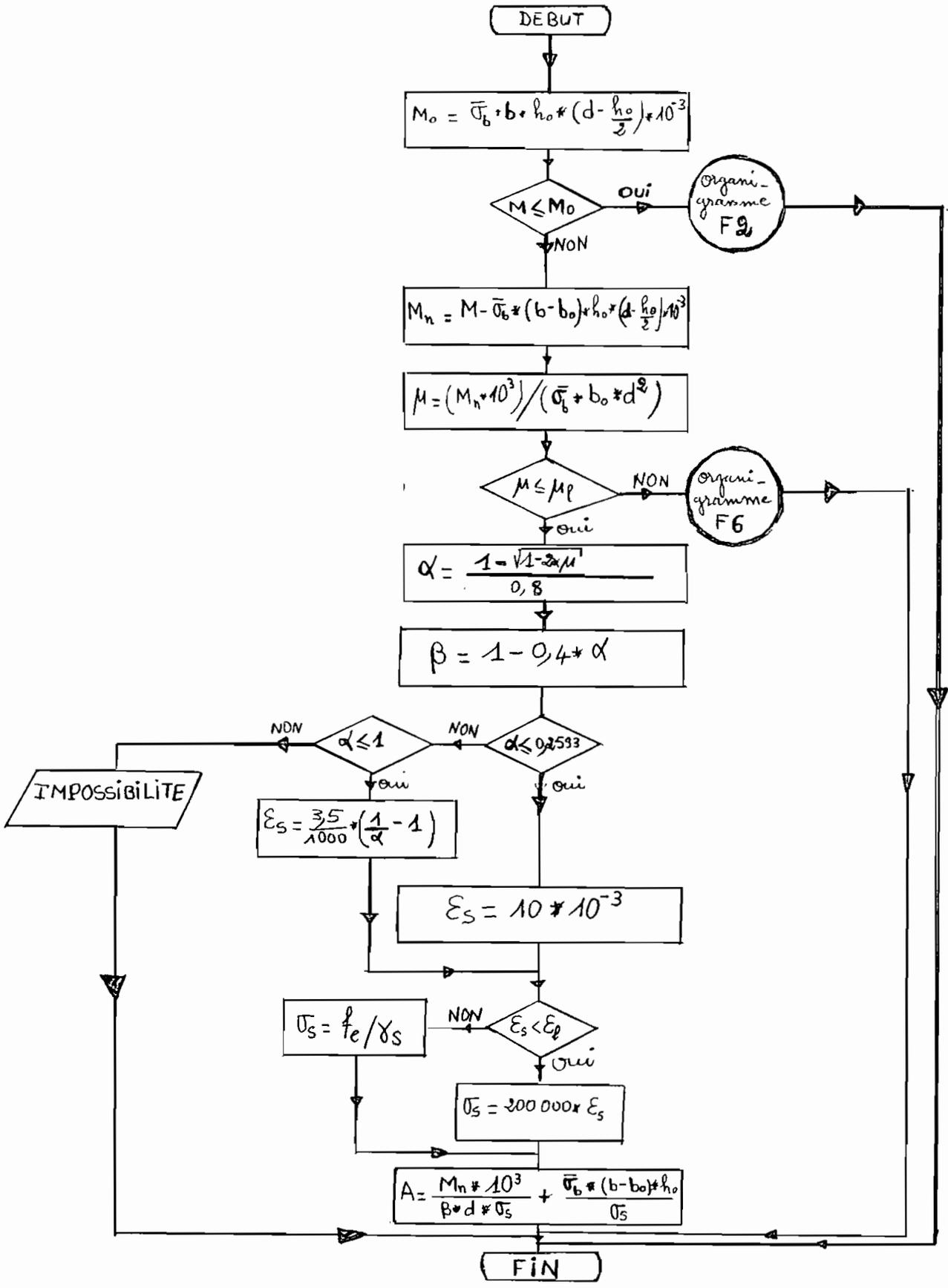
(BAEL 83)



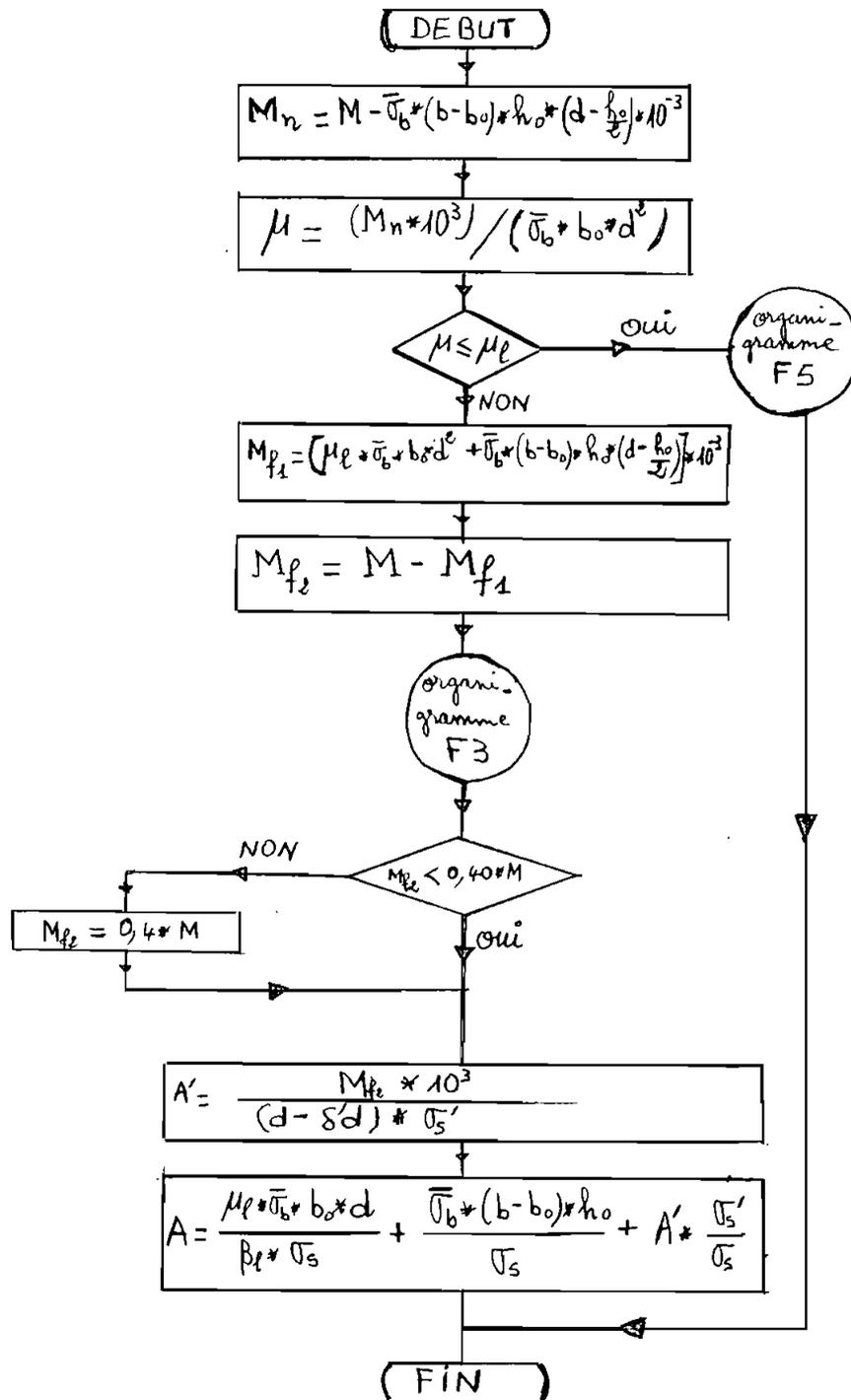
ORGANIGRAMME F4 : Calcul des armatures tendues et comprimées
de poutre rectangulaire.
(BAEL 83)



ORGANIGRAMME F5 : Calcul des armatures tendues des poutres en forme de T armées uniquement en tension (BAEL 83)



ORGANIGRAMME F6 : Calcul d'armatures tendues et comprimées de poutre en forme de T armée en tension et en compression.
(BAEL 83)



ANNEXE N° 3

* **Liste des procédures et leurs fonctions**

* **Listing du programme**

Liste des procédures et leurs fonctions

OUI : Vérifie si une réponse a
la valeur OUI ou NON

CentrageMessage : Centre les impressions à l'écran

ReverseVideo : Change l'état de l'écran

Barre_Espacement : Permet d'avoir le contrôle de l'exécution

ValideR : Teste les réels

LireReelxy : Fait la Saisie des réels uniquement

Cls(y1,y2:byte) : Efface une partie de l'écran que l'on désire

ReponseValide : Vérifie la validité des réponses

ValideE : Teste les entiers

LireEntierxy : Fait la saisie des entiers

FastRite : Pour la présentation à l'écran

Cadre : Fait des cadres sur l'écran

Make_Window : Fait des ouvertures de fenêtre à l'écran

Remove_Window : Mouvemente la fenêtre

Initialise_Window: Initialise la fenêtre

Termine_Window : fin de la fenêtre

IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A_IMP : Imprime les résultats de poutre
rectangulaire doublement armée
sur imprimante

IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A : Imprime les résultats de poutre
rectangulaire doublement armée
sur écran

calcul_PC_mini_max_acier : Calcule les pourcentage d'acier

CHOIX_PC_acier : Choix du pourcentage d'acier

DIMENSIONS_POUTRE_SECTION_ACIER: Calcule les dimensions et As

TYPE_d_appui : Choix du type d'appui

Majoration_Du_Poids_Propre : Majoration du poids propre

Saisie_des_donnees_dim_inc : Saisie des données

Saisie_Rectang_Doublement_Armee : Saisie des données

CALCUL_DE_M1 : Calcul du moment M1

Acier_Comprime_tendu : Calcul de A_s et A'_s

Ecoulement_Meme : Vérifie l'écoulement de A'_s

C_22_LES_PC_D_ACIER : Calcul des pourcentages d'acier

Ecoulement_Acier_Compression : Vérifie l'écoulement de A'_s

C_25_1_A : Impression des résultats

C_25_1_B : Impression des résultats

C_25_1_C : Impression des résultats

C_25_1_D(DL:Byte) : Impression des résultats

C_25_2_A(DL:Byte) : Impression des résultats

C_25_3_A : Impression des résultats

C_25_1 : Impression des résultats

C_25_2 : Impression des résultats

C_25_3 : Impression des résultats

C_25_4 : Impression des résultats

PRINCIPAL1_RECT_SIMPLE_ARMEE : Programme Principal de la
poutre rectangulaire
simplement armée

PRINCIPAL_2_RECT_DOUBLEMENT_ARMEE : Programme Principal
poutre rectangulaire
doublement armée

ANALYSE_RECT_SIMPLE : Analyse de poutre rectangulaire
simplement armée

ANALYSE_IMPRESSION_DOUBLE : Impression des résultats

ANALYSE_RECT_DOUBLE : Analyse de poutre rectangulaire
doublement armée

C_30_2ABC : Saisie des données de poutre en
forme de Té

C_30_2D : Saisie de données de poutre en
Té (suite)

C_30_1_0 : Calcul de largeur de la table de
compression de la poutre en Té

C_30_1A : Calcul de la largeur de la table
de compression pour poutre
en Té simplement appuyée

C_30_1B : Calcul de largeur de table de
compression pour poutre
symétrique continue

C_30_1C : calcul de largeur pour poutre en
forme de " L " renversé

C_30_1 : Détermination de largeur
effective b (le menu de
branchement suivant les cas)

C_32_2 : Calcul de la section d'acier

C_32_1 : Calcul des coefficients de
l'équation du second degré en a

PC_MINI_MAX_ACIER_TE : Calcul des pourcentages minimal
et maximal d'acier pour la
section en Té

CALCUL_MOMENT_RESISTANT_TE : Calcul du moment résistant pour
la section en Té

C_4_2_SA : Impression des résultats pour
poutre en Té

Impression_TE_UNI : Impression des résultats pour
poutre en Té (diamètre uniforme)

Impression_TE_DIF : Impression des résultats pour
poutre en Té(diamètres différents)

C_4_2 : Pour sélectionner le genre
d'impression

C_31 : Calcul de moment de référence et
traitement des données

PRINCIPAL_4_TE : Programme principal de la poutre
dans la norme canadienne

C_19_C_2 : Choix des coefficients du code
pour lorsqu'on a deux travées

C_20_2_C : Détermination des dimensions de b et d pour la poutre continue dans le cas de 2 travées et méthode forfaitaire

C_18_2 : Calcul de hauteur minimale pour poutre rectangulaire continue

C_19_C_1 : Choix des coefficients du code quand on a plus de 2 travées

C_19_D_1 : Calcul des moments par la méthode forfaitaire

C_19_D_2 : Calcul des moments par la méthode forfaitaire

C_19_D : calcul des moments par la méthode forfaitaire pour plus de 2 travées ou pour 2 travées différentes

C_19_G_1 : Tri des moments

C_19_G : Recherche du plus grand moment

C_20_1_C : Détermination de b et d dans le cas de plus de 2 travées

C_20_1_A : Impression des dimensions retenues pour la poutre continue

rappels_enrobage_MODIFIE : Rappels d'enrobage pour poutre continue

CALCUL_ESPACEMENT_REEL_MODIFIE : Calcul d'espacement pour poutre continue

H_2_Espacement_MODIFIE : Vérification d'espacement pour poutre continue

C_20_1_D : calcul de la hauteur utile d pour poutre continue

C_20_6_2 : Saisie des données :2 travées et les dimensions sont connues

H_2_3 : Traitement des données si les dimensions sont inconnues

C_20_2_D : Détermination de b et d dans le
cas de 2 travées (suite)

C_20_2 : Détermination de b et d dans le
cas de 2 travées (suite et fin)

C_20_1 : Calcul de b et d (plus de 2 travées)

H_5_1 : Traitement des données

H_5_2 : Traitement des données

H_5_3 : Traitement des données

H_5_4 : Traitement des données

H_5_5 : Traitement des données

H_5_6 : Traitement des donnée

C_19_A : Calcul d'armature pour les travées

C_19_B : Calcul d'armaure pour les travées

C_20_5_2 : Saisie de données

IMPRESSION_2_TRAVEES_IMP : Impression des résultats

IMPRESSION_2_TRAVEES : Impression des résultats

IMPRESSION_rive_gauche_IMP : Impression des résultats

IMPRESSION_rive_gauche : Impression des résultats

IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE_IMP : Impression des résultats

IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE : Impression des résultats

IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE_IMP : Impression des résultats

IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE_IMP : Impression des résultats

IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE : Impression des résultats

C_20_10_3_A : Programme principal pour poutre continue ,
Moments inconnus et dimensions connues ,
Méthode forfaitaire (2 travées)

C_20_10_3_B : Programme principal pour poutre continue ,
Moments inconnus et dimensions connues ,
Méthode forfaitaire (plus de 2 travées)

C_20_10_4_A : Programme principal pour poutre continue ,
Moments inconnus et dimensions inconnues ,
Méthode forfaitaire (2 travées)

C_20_10_4_B : Programme principal pour poutre continue ,

Moments inconnus et dimensions inconnues ,

Méthode forfaitaire (plus de 2 travées)

Saisie_MOMENTS_Connus : Saisie des données lorsque les moments
sont connus (poutre continue)

SAISIE_DES_MOMENTS : Saisie des moments (poutre continue)

H_5_G : Traitement des données pour poutre
continue (moments connus)

H_5_M : Traitement des données pour poutre
continue (moments connus)

H_5_D : Traitement des données pour poutre
continue (moments connus)

TRAITEMENT : Traitement de toute les travées

IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP: Impression des résultats

IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS : Impression des résultats

CONT_DIM_et_MOM_CONNUS : Programme principal, poutre
continue, dimensions et moments
connus

CONT_DIM_INCON_et_MOM_CONNUS : Programme principal, poutre
continue, dimensions inconnues
et moments connus

MOMENTS : Programme principal qui regroupe
les différents cas pour la poutre
continue (avec moments connus)

FORFAITAIRE : Programme principal qui regroupe
les différents cas pour la poutre
continue (avec moments inconnus)

DALLE_C_18_2 : Calcul d'épaisseur de dalle

DALLE_calcul_acier_b_et_d_connues : Calcul d'armature(la dalle)

DALLE_C_20_1_A : Impression des dimensions

DALLE_Saisie_MOMENTS_Connus : Saisie des données

DALLE_SAISIE_DES_MOMENTS : Saisie des moments

DALLE_TRAITEMENT_GAUCHE : Traitement des données

DALLE_TRAITEMENT_MILIEU : Traitement des données
 DALLE_TRAITEMENT_DROITE : Traitement des données
 DALLE_IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP: Impression des résultats
 DALLE_IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS : Impression des résultats
 DALLE_DIM_et_MOM_CONNUS : Programme principal pour
 la dalle

AFNOR_SAISIE_RECT_SIMP_ARMEE : Saisie des données pour
 poutre rectangulaire
 simplement armée

AFNOR_SAISIE_RECT_DOUBLEMENT : Saisie des données

AFNOR_VALEURS_LIMITES_DES_COEFFICIENTS: Calcul des coefficients
 AFNOR_RECHERCHE_de_CONTRAINTE_ACIER_COMPRIE : calcul de σ 's
 AFNOR_IMPRESSION_F_4_2_B : Impression des résultats
 AFNOR_IMPRESSION_DES_RESULTATS_TENDUE : Impression des résultats
 AFNOR_CALCUL_ARMATURE_DOUBLEMENT : Impression des résultats
 AFNOR_IMPRESSION_DOUBLEMENT : Impression des résultats
 AFNOR_Armature_rect_simple_Armee : Calcul d'armatures
 AFNOR_DESIGN_RECT_SIMPLE_PRINCIPAL1 : Programme principal pour
 poutre rectangulaire
 simplement armée

AFNOR_DESIGN_RECT_DOUBLEMENT_PRINCIPAL2: Programme principal pour
 poutre rectangulaire
 doublement armée

AFNOR_Saisie_POUTRE_EN_TE_SIMPLE : Saisie pour poutre en Té
 Afnor_ARMATURE_TENDUE_TE_SIMPLE : Calcul d'armature
 AFNOR_IMPRESSION_POUTRE_TE : Impression des résultats
 AFNOR_IMPRESSION_TE_SIMPLE : Impression des résultats
 AFNOR_IMPRESSION_DOUBLEMENT_TE : Impression des résultats
 AFNOR_DESIGN_TE_SIMPLE_PRINCIPAL3 : Programme principal
 pour poutre en Té simplement
 armée

AFNOR_Saisie_POUTRE_EN_TE_DOUBLEMENT: Saisie des données poutre T

Afnor_Recherche_Contrainte_Compression_TE: Calcul de σ' poutre T

AFNOR_Acier_tendu_Comprime_TE : Calcul d'armature

AFNOR_DESIGN_TE_DOUBLEMENT_PRINCIPAL4 : Programme principal de
poutre T doublement armée

LISTING DES PROGRAMMES

<u>FICHIERS</u>	<u>PAGES</u>
CAN3 A23.3M84	
PUNIT1 -----	113
PUNIT2 -----	129
SYLVAIN -----	146
TE -----	150
CONTINU -----	156
DALLE -----	182
AFNOR (BAEL83) -----	187

```

Unit PUnit1;
INTERFACE
USES Crt,Printer,Dos;

```

```

TYPE

```

```

STRING79      = STRING[79];
Ptr_window    = ^Windows;

Windows       = RECORD
  Ecran       : ARRAY[1..25,1..80] OF Integer;
  No_window   : Integer;
  Lig         ,
  Col         ,
  Lig2        ,
  Col2        : Integer;
  Suivant     : PTR_WINDOW;
END;

```

```

VAR

```

```

B,GC,D,FY,HMINI,L,DENO,COEFY,COEFG,HMINIG,HMINIY,
HTOT,RODD,AR,ROMINI,ROBBA,ASBD,A,A1,MR,
HTOT1,MFO,DO,FC,B1,KRMINI,KRMAX,RO1,RO2,
PAS,RO,MF,BD2,KR,RAP,N10,N3,DP,AS,ASP,ASBD1,
ASBD2,D1,D2,X1,X2,AR1,AR2,ENRO,DE,DMAX,DMAX1,
ESPA,NLO,NLOD,EQ1,EQ2,EQ3,DELTA1,DELTA2,
RAC1,RAC2,MFN,KRNV,ASNV,RONV,ART,D1T,DOT,ARC,
D1c,D2c,D2t,ECOULE,ROP,ROD1,AS1,ROB,M1,M2,DOC
: Real;

```

```

Sortir_Boucle1,Sortir_boucle2,
Doublement,Continue,TE           : Boolean;
Tete_window                       : Ptr_window;
Pointeur_heap                     : ^Integer;
Ecran                             : Word;
EcranS                            : ARRAY[1..80,1..25] OF Integer;
no_window1,no_window2,
no_window3,no_window4           : Integer;
Car,PDollar,DDollar             : Char;
Erreur,Appui,Veri,NLIT,NLIT,NCLIT,VERIT,
VERIC                            : Integer;
N,N1,N2,NL,NT,NC,NC1,NC2,NT1,NT2 : Real;
Mot                               : STRING79;
Ch                                : Char;

```

```

FUNCTION OUI:Boolean;
PROCEDURE CentrageMessage(message:STRING79;ligne:byte);
PROCEDURE ReverseVideo(Etat : Boolean);
FUNCTION Barre_Espacement : Boolean;
FUNCTION ValideR(Donnee:STRING;limiteinf,limitesup:real):boolean;
PROCEDURE LireReelxy(x,y:byte;limiteinf,limitesup:real;
VAR nombre:real);
PROCEDURE Cls(y1,y2:byte);
FUNCTION ReponseValide:boolean;
FUNCTION ValideE(donnee:STRING79;limiteinf,limitesup:integer):boolean;
PROCEDURE LireEntierxy(x,y:byte;limiteinf,limitesup:integer;
VAR Entier:integer);

```

```

PROCEDURE FastRite (Str:STRING79;Row,Col,Attrib:byte);
FUNCTION Majuscule(ChSaisie : STRING79) : STRING79;
PROCEDURE Trouve_lg_Cur( VAR LONGUEUR_CUR : word);
PROCEDURE Curseur( SOM_TYPE : Char );
PROCEDURE Scroll( Coingl
                ,
                Coingc
                ,
                Coindl
                ,
                Coindc
                ,
                Nbligne : Integer;
                Sens : Char;
                Fond
                ,
                Caractere : Byte );

PROCEDURE Cadre(Lig,Col,Lig2,Col2:Integer;
                Car : Char;
                Fond
                ,
                Caractere : Byte );

PROCEDURE Make_Window( LIG
                      ,
                      COL
                      ,
                      LIG2
                      ,
                      COL2 : Integer;
                      VAR NO_WINDOW : Integer;
                      CADRE_AFF , { -----> 0000 0001 01 -- AFFICHE ? }
                      FOND
                      , { 0000 0010 02 -- DOUBLE ? }
                      CARACTERE : Byte );

PROCEDURE Remove_Window( NO_WINDOW : Integer );
PROCEDURE Initialise_Window;
PROCEDURE Termine_Window;
PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A_IMP(VAR B,D,DP,AS,ASP,MFO:REAL);
PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A(VAR B,D,DP,AS,ASP,MFO:REAL);
PROCEDURE calcul_PC_mini_max_acier(Var fy,fc,b1,robba,romini,krminikrmax:Real);
PROCEDURE CHOIX_PC_acier(VAR RO,KR,BD2:Real);
PROCEDURE DIMENSIONS_POUTRE_SECTION_ACIER(VAR B,D,RAP,ASBD,RO:REAL);
PROCEDURE TYPE_d_appui(VAR DENO:REAL;VAR APPUI:integer);
PROCEDURE Majoration_Du_Poids_Propre(VAR MF:REAL;VAR PDOLLAR:CHAR);
PROCEDURE Saisie_des_donnees_dim_inc(VAR fc,fy,gc,l,mfo,mf:REAL);
PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A_IMP(VAR b,d,mfo,asbd:REAL);
PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A(VAR b,d,mfo,asbd:REAL);
PROCEDURE affichage_apres_calcul_d_armature(VAR asbd:REAL);
PROCEDURE nbre_de_barres_de_meme_diametre(VAR D0,ASBD,N,AR:REAL);
PROCEDURE nbre_de_barres_de_diam_differents(VAR D1,D2,N1,N2,asbd,ar,N:REAL);
PROCEDURE Choix_Des_Diametres(VAR ddollar:CHAR);
PROCEDURE rappels_enrobage;
PROCEDURE calcul_espacement_reel(VAR enro,de,dmax,espa,dmax1:REAL);
PROCEDURE verif_espacement_sur_2_lits(VAR veri,nlit :INTEGER;VAR htot:REAL);
PROCEDURE c_15_1;
PROCEDURE calcul_acier_b_et_d_connues(VAR kr,ro,asbd:REAL);
PROCEDURE Verif_Espacement_Sur_Un_Lit(VAR espa,d0,dmax1,htot:REAL;
                                       VAR NLIT:INTEGER);
PROCEDURE Calcul_du_Moment_Resistant(VAR A1,A,MR:REAL);
PROCEDURE PRESENTATION;
IMPLEMENTATION
FUNCTION OUI:Boolean;
BEGIN
    OUI := False;
    IF (Ch IN ['O','o']) THEN OUI:= True
    ELSE OUI := False
END;
PROCEDURE CentrageMessage(message:STRING79;ligne:byte);
VAR x:byte;
BEGIN
    x:=length(message);
    x:=(80-x) DIV 2;
    GotoXY(x,ligne);Write(message);
END;

```

```

PROCEDURE ReverseVideo(Etat : Boolean);
BEGIN
  IF etat THEN
    BEGIN
      TextColor(Black);
      TextBackGround(White);
    END
  ELSE
    BEGIN
      TextColor(White);
      TextBackGround(Black);
    END
  END;
END;

FUNCTION Barre_Espacement : Boolean;
VAR
  Ch1 : Char;
BEGIN
  GotoXY(1,25); ClrEol;
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage(' Appuyer sur la BARRE D'ESPACEMENT pour continuer ',25);
  ReverseVideo(False);
  Barre_Espacement := False;
  Ch1:=ReadKey;
  IF Ch1 = ' ' THEN
    Barre_Espacement := True;
  END;
END;

FUNCTION Valider(Donnee:STRING;limiteinf,limitesup:real):boolean;
VAR chiffre:real;
BEGIN
  val(donnee,chiffre,erreur);
  IF((erreur=0) AND (chiffre>=limiteinf) AND
(chiffre<=limitesup)) THEN
    valideR:=true ELSE valideR:=false;
  END;
END;

PROCEDURE LireReelxy(x,y:byte;limiteinf,limitesup:real;
VAR nombre:real);

VAR mot:STRING; ok:boolean;
BEGIN
  ok:=false;
  REPEAT
    GotoXY(x,y);clrEol;
    GotoXY(x,y);readln(mot);
    IF NOT(valider(mot,limiteinf,limitesup))
      THEN Write(#7)
      ELSE
        BEGIN
          val(mot,nombre,erreur);
          ok:=true
        END;
  UNTIL ok;
END;

PROCEDURE Cls(y1,y2:byte);
VAR i:byte;
BEGIN
  FOR i:=y1 TO y2 DO
    BEGIN
      GotoXY(1,i); clrEol;
    END;
  END;
END;

```

```

FUNCTION ReponseValide:boolean;
  BEGIN
    ch:=readkey;
    IF ch IN ['0','o','N','n'] THEN reponsevalide:=true
    ELSE reponsevalide:=false
    END;

FUNCTION ValideE(donnee:STRING79;limiteinf,limitesup:integer):boolean;
  VAR chiffre:integer;
  BEGIN
    val(donnee,chiffre,erreur);
    IF((erreur=0) AND (chiffre>=limiteinf) AND
    (chiffre<=limitesup)) THEN
    valideE:=true ELSE valideE:=false;
    END;

PROCEDURE LireEntierxy(x,y:byte;limiteinf,limitesup:integer;
  VAR Entier:integer);

  VAR mot:STRING; ok:boolean;
  BEGIN
    ok:=false;
    REPEAT
      GotoXY(x,y);clrEol;
      GotoXY(x,y);readln(mot);
      IF NOT(valideE(mot,limiteinf,limitesup)) THEN Write(#7)
      ELSE
        BEGIN
          val(mot,entier,erreur); ok:=true
        END;
    UNTIL ok;
  END;

```

```

PROCEDURE FastRite (Str:STRING79;Row,Col,Attrib:byte);
VAR StrPtr:^STRING79;
BEGIN strptr:=ptr(seg(str),ofs(str));
INLINE
  ($1E/$1E/$8A/$86/row/$FE/$C8/$B3/$50/$F6/$E3/$2B/$0B/$8A/$9E/col/$FE/$CB
  /$03/$C3/$03/$C0/$8B/$F8/$8A/$BE/attrib/$C4/$B6/strptr/$2B/$C9/$26/$8A/$0C
  /$2B/$C0/$8E/$08/$A0/$49/$04/$1F/$20/$C9/$74/$34/$2C/$07/$74/$21/$BA/$00
  /$B8/$8E/$DA/$8A/$DA/$03/$46/$26/$8A/$1C/$EC/$A8/$01/$75/$FB/$FA/$EC/$A8
  /$01/$74/$FB/$89/$1D/$47/$47/$E2/$EB/$2A/$C0/$74/$0F/$BA/$00/$B0/$8E/$DA
  /$46/$26/$8A/$1C/$89/$1D/$47/$47/$E2/$F6/$1F/$FB);
END;

```

```

FUNCTION Majuscule(ChSaisie : STRING79) : STRING79;
VAR
  I      : Integer;
  ChRes  : STRING(80);
BEGIN
  ChRes  := '';
  FOR   i:= 1 TO Length(ChSaisie) DO
    ChRes := ChRes + UpCase(ChSaisie[i]);
  Majuscule := ChRes
END;

```

```

PROCEDURE Trouve_lg_Cur( VAR LONGUEUR_CUR : word);

```

```

VAR REG:registers;

```

```

BEGIN
REG.AX := 15*256;
Intr(16,REG);
IF Lo(REG.AX) IN [2,7]
THEN LONGUEUR_CUR := 13
ELSE LONGUEUR_CUR := 7;
END;

```

```

PROCEDURE Curseur( SOM_TYPE : Char );

```

```

VAR REG      : registers;
    LONGUEUR_CUR : word;

```

```

BEGIN
TROUVE_LG_CUR(LONGUEUR_CUR);
WITH REG DO
  BEGIN
    AX := 256;
    CASE SOM_TYPE OF
      'I' : CX := Round(LONGUEUR_CUR/2) *256 + LONGUEUR_CUR;
      'M' : CX := 60*256 + 1;
      ELSE CX := (LONGUEUR_CUR-1)*256 + LONGUEUR_CUR;
    END;
  END;
Intr(16,REG);
END;

```

```

PROCEDURE Scroll( Coingl   ,
                 Coingc   ,
                 Coindl   ,
                 Coindc   ,
                 Nbligne  : Integer;
                 Sens     : Char;
                 Fond      ,
                 Caractere : Byte );
VAR REG : registers;
BEGIN
WITH REG DO
  BEGIN
  IF SENS = 'H'
  THEN AX := (6 * 256) + NBLIGNE
  ELSE AX := (7 * 256) + NBLIGNE;
  CX := (COINGL-1) * 256 + COINGC-1;
  DX := (COINDL-1) * 256 + COINDC-1;
  BX := (FOND*16+CARACTERE) * 256;
  END;
Intr(16,REG)
END;

PROCEDURE Cadre(Lig,Col,Lig2,Col2:Integer;
               Car      : Char;
               Fond     ,
               Caractere : Byte );
VAR NO_LIG ,
    NO_COL : Integer;
    CAR_H  ,
    CAR_V  : Char;
BEGIN
TextColor(CARACTERE);
TextBackGround(FOND);
GotoXY(COL,LIG);
IF CAR = 'S'
THEN BEGIN
  Write('┌');
  CAR_H := '┌';
  CAR_V := '│';
  END
ELSE BEGIN
  Write('┐');
  CAR_H := '┐';
  CAR_V := '│';
  END;
FOR NO_COL := COL+1 TO COL2-1 DO
  Write(CAR_H);
IF CAR = 'S'
THEN Write('┌')
ELSE Write('┐');
FOR NO_LIG := LIG+1 TO LIG2-1 DO
  BEGIN
  GotoXY(COL,NO_LIG);Write(CAR_V);
  GotoXY(COL2,NO_LIG);Write(CAR_V);
  END;
GotoXY(COL,LIG2);
IF CAR = 'S'
THEN Write('└')
ELSE Write('┘');
FOR NO_COL := COL+1 TO COL2 -1 DO
  Write(CAR_H);
IF CAR = 'S'
THEN Write('└')
ELSE Write('┘');
END;

```

```

PROCEDURE Make_Window(  LIG      ,
                       COL      ,
                       LIG2     ,
                       COL2     : Integer;
                       VAR NO_WINDOW : Integer;
CADRE_AFF , { -----> 0000 0001 01 -- AFFICHE ? }
FOND      , { 0000 0010 02 -- DOUBLE ? }
CARACTERE : Byte );
VAR PTEUR      ,
    PREC       ,
    SUIVANT : PTR_WINDOW;
    NO_LIG     ,
    NO_COL    : Integer;
BEGIN
New(PTEUR);
PTEUR^.Suivant := NIL;
IF TETE_WINDOW <> NIL
THEN BEGIN
    PREC := TETE_WINDOW;
    SUIVANT := TETE_WINDOW;
    WHILE SUIVANT <> NIL DO
    BEGIN
        PREC := SUIVANT;
        SUIVANT := SUIVANT^.Suivant;
    END;
    PTEUR^.NO_WINDOW := PREC^.NO_WINDOW+1;
    PREC^.Suivant := PTEUR;
END
ELSE BEGIN
    PTEUR^.NO_WINDOW := 1;
    TETE_WINDOW := PTEUR;
END;
NO_WINDOW := PTEUR^.NO_WINDOW;
FOR NO_LIG := LIG TO LIG2 DO
    FOR NO_COL := COL TO COL2 DO
        PTEUR^.ECRAN[NO_LIG,NO_COL] := MEMW[ECRAN:(NO_LIG-1)*160+(NO_COL-1)*2];
    SCROLL(LIG,COL,LIG2,COL2,0,'H',8,15);
    IF (CADRE_AFF AND 1) =1
    THEN IF (CADRE_AFF AND 2) =2
        THEN CADRE(LIG,COL,LIG2,COL2,'D',FOND,CARACTERE)
        ELSE CADRE(LIG,COL,LIG2,COL2,'S',FOND,CARACTERE);
    PTEUR^.LIG := LIG;
    PTEUR^.LIG2 := LIG2;
    PTEUR^.COL2 := COL2;
    PTEUR^.COL := COL;
END;
    PROCEDURE Remove_Window( NO_WINDOW : Integer );
VAR PTEUR      ,
    PREC : PTR_WINDOW;
    NO_LIG     ,
    NO_COL    : Integer;
BEGIN
PTEUR := TETE_WINDOW;
PREC := TETE_WINDOW;
WHILE PTEUR^.NO_WINDOW <> NO_WINDOW DO
    BEGIN
        PREC := PTEUR;
        PTEUR := PTEUR^.Suivant;
    END;
IF PTEUR = TETE_WINDOW
THEN TETE_WINDOW := PTEUR^.Suivant
ELSE PREC^.Suivant := PTEUR^.Suivant;
FOR NO_LIG := PTEUR^.LIG TO PTEUR^.LIG2 DO
    FOR NO_COL := PTEUR^.COL TO PTEUR^.COL2 DO
        MEMW[ECRAN:(NO_LIG-1)*160+(NO_COL-1)*2] := PTEUR^.ECRAN[NO_LIG,NO_COL];
Dispose(PTEUR);
END;

```

```

PROCEDURE Initialise_Window;

BEGIN
Mark(POINTEUR_HEAP);
TETE_WINDOW := NIL;
TROUVE_LG_CUR(ECRAN);
IF ECRAN = 13
THEN ECRAN := $B000
ELSE ECRAN := $B800;
END;

PROCEDURE Termine_Window;

BEGIN
Release(POINTEUR_HEAP);
END;

PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A_IMP;

BEGIN
Writeln(LST,'          POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMEE ');
Writeln(LST,'          x*x*x*x*x*x*x* RESULTATS FINALSx*x*x*x*x*x');
Writeln(LST);
Writeln(LST,' LARGEUR DE LA POUTRE  B (en mm) ----->','B:10:3);
Writeln(LST,' HAUTEUR UTILE  D (en mm) ----->','D:10:3);
Writeln(LST,' MOMENT PONDERE  Mf (en KN.m) ----->','MFO:10:3);
Writeln(LST,' ARMATURE TENDUE REQUISE (en mm2) ----->','AS:10:3);
Writeln(LST,' ACIER COMPRIME (mm2) ----->','ASP:10:3);
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
END;

PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A;

BEGIN
ClrScr; ReverseVideo(True);
Mot := ('POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMEE ');
CentrageMessage(Mot,7);
Mot := 'RESULTATS FINALS :';
CentrageMessage(Mot,8);
ReverseVideo(False);

GotoXY( 10,10);Write('LARGEUR DE LA POUTRE  B (en mm) ----->');
GotoXY( 10,12);Write('HAUTEUR UTILE  D (en mm) ----->');
GotoXY( 10,14);Write('MOMENT PONDERE  Mf (en KN.m) ----->');
GotoXY( 10,16);Write('ARMATURE TENDUE REQUISE (en mm2) ----->');
GotoXY( 10,18);Write('ACIER COMPRIME (mm2) ----->');
ReverseVideo(True);
GotoXY(70,10);Write(B:10:3) ;
GotoXY(70,12);Write(D:10:3) ;
GotoXY(70,14);Write(MFO:10:3) ;
GotoXY(70,16);Write(AS:10:3) ;
GotoXY(70,18);Write(ASP:10:3) ;
ReverseVideo(False);
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A_IMP(b,d,dp,as,asp,mfo);
Halt;
END;

```

```
PROCEDURE calcul_PC_mini_max_acier;
```

```
  BEGIN
```

```
    IF FC<=30 THEN b1:=0.85
```

```
    ELSE
```

```
      BEGIN
```

```
        b1:=0.85-(0.08*(fc-30))/30;
```

```
        IF b1<0.65 THEN b1:=0.65;
```

```
      END;
```

```
    robba:=0.6*b1*(600/(600+fy))*(fc/fy);
```

```
    romini:=1.4/fy;
```

```
    krmini:=0.85*fy*romini*(1-(romini*fy)/(1.2*fc));
```

```
    krmax:=0.85*fy*robba*(1-(robba*fy)/(1.2*fc));
```

```
  END>(*fin de la PROCEDURE *)
```

```
PROCEDURE CHOIX_PC_acier;
```

```
VAR
```

```
  Sortir_boucle1,Sortir_boucle2 : Boolean;
```

```
  BEGIN
```

```
    sortir_boucle1:=false;
```

```
    sortir_boucle2:=false;
```

```
    ro1:=0.5*robba;
```

```
    ro2:=0.6*robba;
```

```
    REPEAT
```

```
      clrscr;          highvideo;
```

```
      mot:='REGLE DE BONNE PRATIQUE: ';
```

```
      CentrageMessage(mot,6); normvideo;
```

```
      mot:='Choisir un réel (PAS) avec 0.5<=PAS<=0.6 ';
```

```
      CentrageMessage(mot,11);
```

```
      mot:='tel que:ro=pas*robba afin d''avoir:';
```

```
      CentrageMessage(mot,12);
```

```
      mot:='une section économique.';
```

```
      CentrageMessage(mot,13);
```

```
      highvideo;
```

```
      mot:='Voulez-vous respecter cette règle?(O/N)';
```

```
      REPEAT
```

```
        GotoXY(1,15);clrEol;
```

```
        CentrageMessage(mot,15);
```

```
      UNTIL reponsevalide;
```

```
      IF oui THEN
```

```
        BEGIN
```

```
          mot:='Entrez le réel (PAS) tel que:0.5<=PAS<=0.6';
```

```
          CentrageMessage(mot,17);
```

```
          LireReelXY(64,17,0.5,0.6,PAS);
```

```
          ro:=PAS*robba;
```

```
        END (*fin de THEN*)
```

```
      ELSE
```

```
        BEGIN (*du ELSE*)
```

```
          sortir_boucle1:=true;
```

```
          REPEAT
```

```
            clrscr;
```

```
            mot:='Pourcentage minimal d''acier =';
```

```
            CentrageMessage(mot,12);
```

```
            Writeln(romini:10:6);
```

```
            mot:='Pourcentage maximal d''acier =';
```

```
            CentrageMessage(mot,13);
```

```
            Writeln(robba:10:6);
```

```
              GotoXY(1,15);clrEol;
```

```
              GotoXY(1,16);clrEol;
```

```
            mot:='Entrez un pourcentage d''acier tel que:';
```

```

        CentrageMessage(mot,15);
        mot:='romini <= ro <= 0.85*robba';
        CentrageMessage(mot,16);
        GotoXY(65,15); readln(ro);
        UNTIL(ro>romini) AND (ro<=0.85*robba);
    END;(*fin du ELSE)
    sortir_boucle2:=((ro1<=ro)AND(ro<=ro2));
    UNTIL sortir_boucle1 OR sortir_boucle2;
    kr:=0.85*ro*fy*(1-(ro*fy)/(1.2*fc));
    bd2:=(mf*1E+6)/kr;
END;(*fin de PROCEDURE*)

```

PROCEDURE DIMENSIONS_POUTRE_SECTION_ACIER;

```

BEGIN
    clrscr;
    REPEAT
        clrscr;
        ReverseVideo(True);
        mot:='REGLES DE BONNES PRATIQUES: ';
        CentrageMessage(mot,3);
        ReverseVideo(False);
        ReverseVideo(True);
        MOT:='POUR POUTRES PRINCIPALES : 1.5 <= D/B <= 3 ';
        CentrageMessage(MOT,5);
        ReverseVideo(False);
        ReverseVideo(True);
        MOT:='POUR POUTRES SECONDAIRES : 1.5 <= D/B <= 2';
        CentrageMessage(MOT,7);
        ReverseVideo(False);
        GotoXY(1,10); clrEol;
    mot:='POUR UN PREMIER ESSAI Entrez une valeur pour la largeur B (en mm):';
        CentrageMessage(mot,10);
        LireReelXY(74,10,1,1E+10,B);
        D:=sqrt(bd2/B); RAP:=D/B;
        GotoXY(12,12); Write('LARGEUR (en mm) B=',B:10:3);
        GotoXY(12,14); Write('HAUTEUR UTILE (en mm) D=',D:10:3);
        GotoXY(12,16); Write('RAPPORT D/B =',RAP:10:3);
        HIGHVIDEO;
    mot:='Les Valeurs de B et D vous Conviennent -elles? (O/N)';

        REPEAT
            GotoXY(1,18); clrEol;
            CentrageMessage(mot,18); NORMVIDEO;

            UNTIL reponsevalide;
        UNTIL OUI;
    mot:='DONNEZ la LARGEUR B (en mm) arrondie ou NON que vous avez retenue';
        CentrageMessage(mot,20);
    mot:='DONNEZ la HAUTEUR UTILE D(en mm)arrondie OU NON que vous avez retenue';
        CentrageMessage(mot,22);
        LireReelxy(((80+length(mot)) DIV 2)+2,20,1E-1,1E+10,B);
        LireReelxy(((80+length(mot))DIV 2)+2,22,1E-1,1E+10,D);
        ASBD:=ro*B*D; Writeln;
        Write('Section d'acier As(en mm²) = ');
        GotoXY(WhereX+2,WhereY);
        ReverseVideo(True);
        Write(ASBD:10:3);
        ReverseVideo(False);
    END;(*Fin de la PROCEDURE)

```

```

PROCEDURE TYPE_d_appui;

    BEGIN
        clrscr;
        GotoXY(20,10);Write('1. POUTRE SIMPLEMENT APPUYEE');
        GotoXY(20,11);Write('2. POUTRE EN PORTE-A-FAUX');
        CentrageMessage( 'Votre choix:1,2',13);
        lireEntierxy(60,13,1,2,appui);
        CASE appui OF
            1: deno:=16;
            2: deno:=8;

        END;
    END;

PROCEDURE Majoration_Du_Poids_Propre;

    BEGIN
        clrscr;highvideo;
        Mot:='TAPEZ (P) SI VOUS AVEZ TENU COMPTE DU POIDS PROPRE DE LA POUTRE';
        CentrageMessage(mot,5);
        mot:='DANS LE CALCUL DU MOMENT SI NON UNE AUTRE TOUCHE';
        CentrageMessage(mot,7); Normvideo;
        GotoXY(68,7);
        pdollar:=ReadKey;
        IF ((pdollar <>'P')AND(pdollar<>'p')) THEN
            MF:=1.1*MF;
        END;(Fin de la PROCEDURE)

PROCEDURE Saisie_des_donnees_dim_inc;

    BEGIN
        clrscr;
        REPEAT
            ReverseVideo(True);
            GotoXY(15,6); Write(' ');
            GotoXY(15,7); Write(' ██████████ ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES ██████████ ');
            GotoXY(15,8); Write(' ');
            ReverseVideo(False);
            GotoXY(5,10); Write('La Resistance en compression du béton (en MPa)-----> ');
            GotoXY(5,11); Write('La Contrainte de l'acier (en MPa) -----> ');
            GotoXY(5,12); Write('La Masse volumique du béton(béton normal(2400Kg/m3)->');
            GotoXY(5,13); Write('La Portée de la poutre (en mm)-----> ');
            GotoXY(5,14); Write('le Moment pondéré (en KN.m)----->');
            lire reelxy(63,10,1E-10,1E+10,fc);
            lire reelxy(63,11,1E-10,599,fy);
            lire reelxy(63,12,1E1-10,1E+10,gc);
            lire reelxy(63,13,1E-10,1E+10,l);
            lire reelxy(63,14,-1E+10,1E+10,mfo);

            Highvideo;
            mot:='Voulez-vous corriger les données?(O/N)';
            Normvideo;
            REPEAT
                GotoXY(1,16);clrEol;
                CentrageMessage(mot,16);
            UNTIL reponsevalide;
            UNTIL NOT oui;
            MF:=ABS(mfo);
        END;(fin de la PROCEDURE)

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A_IMP;

BEGIN
  Writeln(LST,'      POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMEE      ');
  Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*  RESULTATS FINALS : x*x*x*x*x*x*x*x*');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'LARGEUR DE LA POUTRE B (en mm) ----->','B:10:3);
  Writeln(LST,'HAUTEUR UTILE D (en mm) ----->','D:10:3);
  Writeln(LST,'MOMENT PONDERE Mf (en KN.m) ----->','MFO:10:3);
  Writeln(LST,'ARMATURE TENDUE REQUISE(en mm²) ----->','ASBD:10:3);
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
END;

PROCEDURE IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A;
BEGIN
  ClrScr; ReverseVideo(True);
  Mot := 'POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMEE ';
  CentrageMessage(Mot,7);
  Mot := 'RESULTATS FINALS :';
  CentrageMessage(Mot,8);
  ReverseVideo(False);
  GotoXY( 10,10);Write('LARGEUR DE LA POUTRE B (en mm) ----->');
  GotoXY( 10,12);Write('HAUTEUR UTILE D (en mm) ----->');
  GotoXY( 10,14);Write('MOMENT PONDERE Mf (en KN.m) ----->');
  GotoXY( 10,16);Write('ARMATURE TENDUE REQUISE (en mm²) ----->');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(70,10);Write(B:10:3) ;
  GotoXY(70,12);Write(D:10:3) ;
  GotoXY(70,14);Write(MFO:10:3) ;
  GotoXY(70,16);Write(ASBD:10:3) ;
  ReverseVideo(False);
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  ClrScr; ReverseVideo(True);
  MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
  REPEAT
  GotoXY(1,15); ClrEol;
  CentrageMessage(MOT,15);
  Until REPONSEVALIDE;
  IF OUI Then IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A_IMP(b,d,MFO,asbd);
  Halt;
END;

PROCEDURE affichage_apres_calcul_d_armature;
VAR ch:integer;
BEGIN
  Clrscr;
  CentrageMessage('La Section d'acier (en mm2) = ',5);
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(55,5);
  Write(ASBD:10:3);
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(10,10);Write('1. VOUS VOULEZ DÉTERMINER LE NOMBRE DE BARRES
  ET VERIFIER L'ESPACEMENT');
  GotoXY(10,11);Write('2. VOUS DÉSIREZ VOUS ARRETER AU CALCUL D'ARMATURE');
  mot:='FAITES VOTRE CHOIX-->(1 ou 2)';
  CentrageMessage(mot,13);lireEntierxy(60,13,1,2,ch);
  CASE ch OF
    1: exit;
    2: BEGIN
  IF Doublement=true THEN IMPRESSION_SANS_ESPACE_D_A( b,d,dp,as,asp,mfo)
  ELSE IMPRESSION_SANS_ESPACE_S_A(b,d,mfo,asbd);
  END;
END;
END;(*fin de la PROCEDURE*)

```

```

PROCEDURE nbre_de_barres_de_meme_diametre;
BEGIN
    N10 :=(4.0*ASBD)/(PI*sqr(D0));
    N2 :=INT(N10);
    N3 :=N10-N2;
    IF N3<0.001 THEN N:=N2
    ELSE N:=N2+1;
    AR:=(PI*N*sqr(D0))/4.0;
END;
PROCEDURE nbre_de_barres_de_diam_differents;
VAR
    Af,AX,NX1,EX1 : REAL;
BEGIN
    asbd1:=(pi*sqr(d1))/4.0; asbd2:=(pi*sqr(d2))/4.0;
    x1:=asbd/asbd1; n1:=int(x1);
    x2:=(asbd-n1*asbd1)/asbd2; n2:=int(x2); N2:=N2+1;
    ar:=n1*asbd1+n2*asbd2;N:=N1+N2;
    IF ar<asbd THEN
        BEGIN
            ClrScr;
            GotoXY(15,15);Write('ATTENTION ');Repeat Until Barre_Espacement;
        End;
        ar1:=ar+asbd1-asbd2; ar2:=ar+asbd2;
        IF ar1>ar2 THEN AF:=AR2
        ELSE AF:=AR1;
        IF ar<AF THEN EXIT;
        IF N1<=1 THEN Exit;
        BEGIN
            While (AR>=AF) AND (N1>1) Do
                Begin
                    n1:=n1-1; n2:=n2+1; N:=N1+N2;
                    ar:=n1*asbd1+n2*asbd2;
                    END;
            END;
            IF AR>=ASBD THEN EXIT;
            BEGIN
                AX:=(ASBD-AR);
                If ax<=asbd2
                    Then
                        begin
                            n2:=n2+1; N:=N1+N2;
                            ar:=n1*asbd1+n2*asbd2; exit;
                        end
                    Else
                        If AX<=asbd1
                            Then
                                begin
                                    N1:=n1+1; N:=N1+N2;
                                    ar:=n1*asbd1+n2*asbd2; exit;
                                end
                            Else
                                Begin
                                    EX1:=ax/Asbd1; Nx1:=INT(EX1);
                                    IF (ex1-nx1)<0.001
                                        Then
                                            Begin
                                                N1:=N1+NX1; N:=N1+N2;
                                                Ar:=n1*asbd1+n2*asbd2;
                                                End
                                            Else
                                                Begin
                                                    N1:=N1+NX1+1; N:=N1+N2;
                                                    Ar:=n1*asbd1+n2*asbd2;
                                                    End;
                                                End;
                                End;
                END;
            END;
        END;
    END;(*Fin de la PROCEDURE*)

```

```

PROCEDURE Choix_Des_Diametres;
BEGIN
  D1:=0; D2:=0;D0:=0;N1:=0;N2:=0;N10:=0;N:=0;
  ddollar:='N';
  REPEAT
    mot:='Voulez-vous les barres de même diamètre ? (O/N)';
    GotoXY(1,15);clrEol;
    CentrageMessage(mot,15);
  UNTIL reponsevalide; IF oui THEN ddollar:='O';
  IF (ddollar='o') OR (ddollar='O') THEN
    BEGIN
      GotoXY(5,17);Write('Donnez le diamètre que vous désirez utiliser (en mm):');
      lireeolxy(60,17,1,10000,d0);
      Nbre_De_barres_de_meme_diametre(d0,asbd,n,ar); Exit;
    END
  ELSE
    BEGIN
      highvideo;
      GotoXY(5,17);Write('Vous pouvez utiliser au maximum 2 diamètres différents. ');
      normvideo;
      REPEAT
        GotoXY(10,18);Write('ENTREZ LE DIAMETRE LE PLUS GRAND ');
        GotoXY(10,19);Write('ENTREZ LE DIAMETRE LE PLUS PETIT ');
        lireeolxy(70,18,1,10001,d1);
        lireeolxy(70,19,1,1E+4,d2);
        UNTIL d1>d2; d0:=d1;
        nbre_de_barres_de_diam_differentes(d1,d2,n1,n2,asbd,ar,n);
      END;(fin de ELSE)
    END;(fin de la PROCEDURE)
END;

PROCEDURE rappels_enrobage;
BEGIN
  clrscr; highvideo; mot:='RAPPELS IMPORTANTS: '; CentrageMessage(mot,10);
  mot:='RÉSUMÉ DES NORMES SUR L'ENROBAGE MINIMAL (CAN3M84)';
  CentrageMessage(mot,11);
  GotoXY(5,13);Write('1. POUTRES ET POTEAUX----->40mm');
  GotoXY(5,14);Write('2. DALLES MURS ET DALLES NERVURÉES----->20mm');
  GotoXY(5,15);Write('3. BÉTON MIS EN PLACE DIRECTEMENT SUR LE SOL-->75mm');
  normvideo;
  END;

PROCEDURE calcul_espacement_reel;
  VAR ch:char;
  BEGIN
    rappels_enrobage;
    REPEAT
      CLS(17,20);
      NormVideo;
      GotoXY(10,17);Write('Entrez Enrobage (en mm)');
      GotoXY(10,18);Write('Entrez le Diamètre des étriers (en mm)');
      GotoXY(10,19);Write('Entrez le Diamètre des Gros Granulats (en mm)');
      lireeolxy(65,17,0.20,10000,enro);
      lireeolxy(65,18,1E-10,1E+4,de);
      lireeolxy(65,19,1E-10,1E+4,dmax);
      highvideo;
      REPEAT
        GotoXY(1,20);clrEol;
        CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS (O/N) ',20);
        UNTIL reponsevalide; NormVideo; UNTIL NOT OUI;
        If N=1 Then
          Begin
            If (b-2*enro-2*de-n*d0) >0 Then
              begin espa:=100 ; DMAX1:=(4*dmax)/3 ;
              exit; end;
            END;
            ESPA:=(b-2*enro-2*de-n*d0)/(n-1); DMAX1:=(4.0*dmax)/3;
          END;(fin de la PROCEDURE)
        END;
      END;
    END;
  END;

```

```

PROCEDURE verif_espace sur_2_lits;
  BEGIN
    veri:=0;
    nlo:=n/2; nl:=int(nlo); nlod:=nlo-nl;
    IF nlod>=0.01 THEN nl:=nl+1;
    ESPA:=(b-2*enro-2*de-nl*d0)/(nl-1);
    ESPA:=ESPA+2;
    IF((espa=d0) AND (espa>=25) AND (espa>=DMAX1)) THEN
      BEGIN
        HTOT:=d+enro+de+12.5+d0;
        nlit:=2;
      END
    ELSE
      BEGIN
        highvideo; clrscr;
        CentrageMessage('MEME AVEC 2 LITS ON A PROBLEME D''ESPACEMENT',5);
        normvideo; veri:=1;
      END;
    END;{fin de la PROCEDURE}

```

```

PROCEDURE c_15_1;
  BEGIN
    clrscr;highvideo;
    CentrageMessage('IL FAUT ARMER DOUBLEMENT',5);
    REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
    normvideo;
    IF continue=false THEN
      BEGIN
        GotoXY(5,10);Write('RETOURNER AU MENU POUR LE CHOIX D''OPTION ');
        REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
        HALT;
      END
    ELSE
      BEGIN
        highvideo;
        CentrageMessage('DANS CE LOGICIEL LE DIMENSIONNEMENT N''EST PAS FAIT ',10);
        CentrageMessage('POUR LES POUTRES CONTINUES ET EN T  DOUBLEMENT ARMÉES',12);
        CentrageMessage('CHANGEZ ALORS LES DIMENSIONS DE LA POUTRE',15); normvideo;
        REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
        END;
        HALT;
      END;
    END;

```

```

PROCEDURE calcul_acier_b_et_d_connu es;
  BEGIN
    kr:=(1E+6*mf)/(b*sqr(d));
    IF kr<=krmini THEN
      BEGIN
        ro:=romini; asbd:=ro*b*d; exit;
      END
    ELSE
      IF kr>krmax THEN c_15_1
      ELSE
        BEGIN
          eq1:=0.85*sqr(fy); eq2:=-1.02*fc*fy; eq3:=1.2*fc*kr;
          delta1:=sqr(eq2)-(4.0*eq1*eq3);
          IF delta1<0 THEN c_15_1
          ELSE
            BEGIN
              delta2:=sqrt(delta1);

```

```

        rac1:=(-eq2-delta2)/(2.0*eq1);
        rac2:=(-eq2+delta2)/(2.0*eq1);
        IF rac1<romini THEN ro:=rac2
        ELSE
            IF rac1<robba THEN ro:=rac1
            ELSE ro:=rac2;
        END;
        ASBD:=ro*b*d;

    END;
END;

PROCEDURE Verif_Espacement_Sur_Un_Lit;

BEGIN
    ESPA := ESPA + 2;
    IF ((ESPA >=D0) AND (ESPA >= 25) AND (ESPA >= DMAX1)) THEN
        BEGIN
            HTOT := D + ENRO + DE + (D0/2);
            NLIT := 1;
        END
    ELSE
        BEGIN
            HighVideo;
            Mot:=' PROBLEME D'ESPACEMENT !';
            ClrScr;
            ReverseVideo(True);
            CentrageMessage(Mot,5);
            ReverseVideo(False);
            NormVideo;
        END;
    END;

PROCEDURE Calcul_du_Moment_Resistant;
BEGIN
    A := (AR*FY)/(0.6*FC*B);
    A1 := (D-A/2)*1E-6;
    MR := 0.85*AR*FY*A1;
END;

PROCEDURE Presentation;
BEGIN
    clrScr;
    Cadre(2,2,24,78,'D',BLUE,RED);
    FastRite (' ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ',4, 4,45);
    FastRite (' PROJET DE FIN D'ÉTUDE ',7, 4,10);
    FastRite ('TITRE: LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT EN BÉTON ARMÉ ',13,4,10);
    FastRite ('NORME CANADIENNE(CAN3A23.3M84) et
        NORME FRANÇAISE (Règles BAEL83)',14,4,10);
    FastRite ('Auteur : Mr SYLVAIN MEDARD ADJAGBONI ',20,4,12);
    FastRite ('Directeur du Projet: Mr El Hadj MAMADOU THIAM ',22,4,12);
    Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    END;
END.

```

Unit Punit2;

INTERFACE

USES Crt,Printer,PUNIT1;

```
PROCEDURE Verif_Espacement;
PROCEDURE H_2_Espacement;
PROCEDURE C_11_1_Verif_HTOT;
PROCEDURE H_1_Espacement;
PROCEDURE Dimensionnement_Repris_Espace_HMINI;
PROCEDURE C_11_2_Dim_Repris_HTOT;
PROCEDURE H_3_Hauteur_Totale;
PROCEDURE Verif_Poids_Propre(VAR mfn,krnv,kr,asnv,ronv:REAL);
PROCEDURE c_14_2_poids_propre;
PROCEDURE Calcul_de_HMINI(VAR hmini:REAL);
PROCEDURE Verif_Du_PC_Rod0_Rupture_Ductile(VAR rod0:REAL);
PROCEDURE C_13_2_Ductilite;
PROCEDURE Calcul_de_D_connaissant_H(VAR htot1,d:REAL);
PROCEDURE Hauteur_Totale_OU_Utile;
PROCEDURE C_17_D_Impression;
PROCEDURE Saisie_Des_Donnees_Dim_Con(VAR fc,fy,gc,l,mfo,mf,b:REAL);
PROCEDURE C_17_I_Impression;
PROCEDURE Saisie_Rectang_Doublement_Armees( VAR dp,b,fc,fy,mfo,mf:REAL);
PROCEDURE CALCUL_DE_M1(VAR AS1,M1:REAL);
PROCEDURE Acier_Comprime_tendu(VAR M2,ASP,AS:REAL);
PROCEDURE Ecoulement_Meme(VAR MR:REAL);
PROCEDURE C_22_LES_PC_D_ACIER( VAR RO,ROP,ROB,RODI:REAL);
PROCEDURE Ecoulement_Acier_Compression;
PROCEDURE C_25_1_A;
PROCEDURE C_25_1_B;
PROCEDURE C_25_1_C;
PROCEDURE C_25_1_D(DL:Byte);
PROCEDURE C_25_2_A(DL:Byte);
PROCEDURE C_25_3_A;
PROCEDURE C_25_1;
PROCEDURE C_25_2;
PROCEDURE C_25_3;
PROCEDURE C_25_4;
```

IMPLEMENTATION

PROCEDURE Verif_Espacement;

VAR

Key : Integer;

BEGIN

```
ClrScr;
HighVideo;
ReverseVideo(True);
CentrageMessage('PROBLEME D'ESPACEMENT AVEC LES VALEURS SUIVANTES ',2);
ReverseVideo(False);
Gotoxy(15,3); Write('La section d'acier (en mm²) : ',asbd:10:3);
Gotoxy(15,4); Write('La largeur B en mm est : ',B:10:3);
Gotoxy(15,5); Write('Le nombre total de barres est : ',N:10:0);
Gotoxy(15,6); Write('Le plus grand diamètre de barre est : ',D0:10:3);
NormVideo;
ReverseVideo(True);
CentrageMessage(' ',9);
CentrageMessage(' ',10);
CentrageMessage(' SUGGESTION ',11);
ReverseVideo(False);
Cadre(12,10,20,70,'B',2,14);
ReverseVideo(True);
Gotoxy(12,13); Write('1. FAIRE 2 LITS ');
Gotoxy(12,15); Write('2. AUGMENTER LES DIAMETRES DE BARRES ');
Gotoxy(12,17); Write('3. AUGMENTER LA LARGEUR B ');
ReverseVideo(False);
```

```

CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX --> (1, 2 ou 3) ',19);
LireEntierXY(62,19,1,3,Key);
Delay(600);
CASE Key OF
  1: BEGIN
Verif_Espacement_Sur_2_Lits(VERI,nlit,htot);
IF Veri = 1 THEN
BEGIN
ReverseVideo(True);
CentrageMessage( 'IL FAUT CHOISIR UNE AUTRE SOLUTION ',12);
END;
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  2: BEGIN
ClrScr;
Choix_des_Diametres(ddollar);
ESPA :=(B - 2*ENRO - 2*DE - N*D0)/(N-1);
Verif_Espacement_Sur_Un_Lit(espas,d0,dmax1,htot,nlit);
IF ESPA >= DMAX1 THEN Exit;
Verif_Espacement_Sur_2_Lits(veri,nlit,htot);
IF Veri <> 1 THEN Exit;
  ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,11);Write(' ');
GotoXY(10,12);Write(' AVEC CETTE AUGMENTATION DU DIAMETRE DES BARRES ON ');
GotoXY(10,13);Write(' A PROBLEME D'ESPACEMENT MEME AVEC 2 LITS ');
GotoXY(10,14);Write(' ');
GotoXY(10,15);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(11,14);Write(' FAITES ALORS UN AUTRE CHOIX OU AUGMENTER LE DIAMETRE ');
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  END;
  3: BEGIN
  ClrScr;
ReverseVideo(True);
CentrageMessage(' REPRISE DU DIMENSIONNEMENT ',12);
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
IF ((DOUBLEMENT=True) OR (CONTINUE=True) OR (TE=True)) THEN
  BEGIN
  ClrScr;
GotoXY(10,10); HighVideo;
Write(' RETOUR Au MENU POUR RECOMMENCER AVEC D'AUTRES DIMENSIONS');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;NormVideo; HALT;
  END
  ELSE
  BEGIN
  Dimensions_Poutre_Section_Acier(b,d,rap,asbd,ro);
  Choix_Des_Diametres(ddollar);
  ESPA :=(B - 2*ENRO - 2*DE - N*D0)/(N-1);
  Verif_Espacement_Sur_Un_Lit(espas,d0,dmax1,htot,nlit);
  IF ESPA >= DMAX1 THEN Exit;
  Verif_Espacement_Sur_2_Lits(veri,nlit,htot);
  IF Veri <> 1 THEN Exit;
  ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,11);Write(' ');
GotoXY(10,12);Write(' MALGRE L'AUGMENTATION DE LA LARGEUR ON A PROBLEME ');
GotoXY(10,13);Write(' D'ESPACEMENT SUR UN LIT ET MEME SUR DEUX LITS ');
GotoXY(10,14);Write(' ');
GotoXY(10,15);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(11,14);Write(' AUGMENTER ALORS LE DIAMETRE OU LA LARGEUR DES BARRES ');
  END;
  END;
END; ( Du CASE Key OF )
END; (Verif_Espacement )

```

```

PROCEDURE H_2_Espacement;
BEGIN
  ClrScr;
  Gotoxy(10,5);Write('Section d'acier (en mm)=' ,asbd:10:3);
  Choix_des_Diametres(ddollar);
  Calcul_Espacement_Reel(enro,de,dmax,espa,dmax1);
  Verif_Espacement_Sur_Un_Lit(espa,d0,dmax1,htot,nlit);
  IF ESPA < DMAX1 THEN
    REPEAT
      VERIF_ESPACEMENT;
    UNTIL ((ESPA >=DMAX1) AND (ESPA >=D0) AND (ESPA >= 25));
  END;
END;

PROCEDURE C_11_1_Verif_HTOT;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10,10); Write(' Hauteur Totale (en mm) = ',HTOT:12:3);
  GotoXY(10,11); Write(' Hauteur Minimale (en mm) = ',HMINI:12:3);
  ReverseVideo(False);
  IF HTOT < HMINI THEN
    CentrageMessage('La Hauteur totale n'est pas conforme
                    aux exigences de la norme ',14);
  END;
END;

PROCEDURE H_1_Espacement;
BEGIN
  H_2_Espacement;
  C_11_1_Verif_HTOT;
END;

PROCEDURE Dimensionnement_Repris_Espace_HMINI;
BEGIN
  WHILE HTOT < HMINI DO
    BEGIN
      ClrScr;
      ReverseVideo(True);
      CentrageMessage('Augmenter les dimensions de section de béton ',15);
      ReverseVideo(False);
      Dimensions_Poutre_Section_Acier(b,d,rap,asbd,ro);
      H_1_Espacement;
    END;
  END; { Dimensionnement_Repris_Espace_Hmini }
END;

PROCEDURE C_11_2_Dim_Repris_HTOT;
BEGIN
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('REPRISE DU DIMENSIONNEMENT CAR Htotale < Hminimale ',16);
  ReverseVideo(False);
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  Dimensionnement_Repris_Espace_Hmini;
END;

PROCEDURE H_3_Hauteur_Totale;
BEGIN
  IF HTOT < HMINI THEN
    C_11_2_Dim_Repris_HTOT;
  END;
END;

```

```

PROCEDURE Verif_Poids_Propre;
VAR
  Key : Integer;
BEGIN
  Calcul_du_Moment_Resistant(A1,A,MR);
  IF (PDollar = 'P')OR(pdollar='p') THEN Exit;
  IF Appui = 1 THEN
    MFN := (MF/1.1) + (1.25/8)*(B*HTOT*2400*9.81*Sqr(L)*1E-15);
  IF Appui = 2 THEN
    MFN := (MF/1.1) + (1.25/2)*(B*HTOT*2400*9.81*Sqr(L)*1E-15);
  IF MR >= MFN THEN
    BEGIN
      MF := MF /1.1; CLS(10,14); ReverseVideo(True);
GotoXY(10,11);Write(' ');
GotoXY(10,12);Write(' LA SECTION CHOISIE PRENDBIEN LE POIDS PROPRE AUSSI ');
GotoXY(10,13);Write(' ');
      REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
      ReverseVideo(False);
      Exit;
    END;
  KRVN:= (MFN*1E+6)/(B*D*D); KR:=KRVN; Calcul_Acier_B_Et_D_Connues(kr,ro,asbd);
  ASNv := ASBD; RONV := RO; Cls(10,15); HighVideo;
GotoXY(10,11);Write(' ');
GotoXY(10,12);Write(' LA SECTION N''EST PAS ADÉQUATE FACE AU POIDS PROPRE ');
GotoXY(10,13);Write(' LA SECTION D''ACIER QU''IL NOUS FAUT EST (en mm²) : ');
GotoXY(10,14);Write(' ');
  NormVideo;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(59,13);Write(ASNv:10:3);
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  ReverseVideo(False);
  Cls(2,10);
  Cadre(3,3,9,76,'H',2,15);
  ReverseVideo(True);
GotoXY(5,5); Write(' 1- Augmenter la section d''armature ');
GotoXY(5,6); Write(' 2- Augmenter les dimensions de la section de béton ');
  ReverseVideo(False);
  CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX (1 ou 2) ',8);
  LireEntierXY(60,8,1,2,Key);
  Delay(1000);
  CASE Key OF
    1: BEGIN
      H_1_Espacement;
      H_3_Hauteur_Totale;
    END;
    2: BEGIN
      Dimensions_Poutre_Section_Acier(b,d,rap,asbd,ro);
      H_1_Espacement;
      H_3_Hauteur_Totale;
    END;
  END;
END; (Verif_Poids_Propre)

PROCEDURE c_14_2_poids_propre;
BEGIN
  IF (pdollar='p') OR(pdollar='P') THEN exit
  ELSE
    IF appui=3 THEN exit
    ELSE
      IF mr>=mfn THEN exit
      ELSE BEGIN
        clrscr;
        CentrageMessage('LA SECTION N''EST PAS TOUJOUR BONNE',15);
        verif_poids_propre(mfn,krvn,kr,asn,ronv);
      END;
    END;
  END;
END;

```

```
PROCEDURE Calcul_de_HMINI;
```

```
BEGIN
  IF GC >=2400 THEN
    IF FY = 400 THEN
      BEGIN
        HMINI :=L/DENO;
        EXIT;
      END
    ELSE
      BEGIN
        COEFY := (0.4 + FY/670);
        HMINI := (COEFY*L)/DENO;
        WRITE('HMINI=',hmini); EXIT;
      END
    ELSE
      BEGIN
        COEFG := (1.65-0.0003*GC);
        IF COEFG < 1 THEN
          BEGIN
            COEFG := 1;
            HMINIG := (COEFG*L)/DENO;
          END
        ELSE HMINIG := (COEFG*L)/DENO;
        IF FY = 400 THEN
          BEGIN
            HMINI := HMINIG;
            EXIT;
          END
        ELSE
          BEGIN
            COEFY := (0.4+FY/670);
            HMINIY := (COEFY*L)/DENO;
            IF HMINIG < HMINIY THEN HMINI := HMINIY
            ELSE HMINI := HMINIG;
            EXIT;
          END;
        END;
      END;
    END;
  END; ( Calcul_de_HMINI )
```

```
PROCEDURE Verif_Du_PC_Rod0_Rupture_Ductile;
```

```
VAR
```

```
Ch : Integer;
```

```
BEGIN
```

```
Rod0 := AR/(B*D);
```

```
IF Rod0 < ROMINI THEN
```

```
BEGIN
```

```
HighVideo;
```

```
Mot := 'Le Pourcentage d'acier est inférieur au minimum exigé.';
```

```
CentrageMessage(Mot,10); NormVideo;
```

```
DELAY(4500);
```

```
ASBD := ROMINI*B*D;
```

```
Mot := 'Armature minimale (en mm2) = ';
```

```
CentrageMessage(Mot,12); GotoXY(75,12); Write(ASBD);
```

```
HighVideo;
```

```
Mot := 'Il faut rechoisir le diamètre des barres ';
```

```
CentrageMessage(Mot,14);
```

```
NormVideo; REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
```

```
H_2_ESPACEMENT;
```

```
Exit;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
IF Rod0 > Robba THEN
```

```

BEGIN
  HighVideo;
Mot := 'Avec ces dimensions, le pourcentage d'acier est trop grand ';
  CentrageMessage(Mot,10);NormVideo;
  GotoXY(10,12); Write(' 1. ');
  GotoXY(10,13); Write(' 2. ');
  HighVideo;
GotoXY(14,12); Write('Augmenter les dimensions de la section du béton ');
GotoXY(14,13); Write('Faire une section doublement armée ');
  NormVideo; ReverseVideo(True);
  CentrageMessage(' FAITES VOTRE CHOIX ----> (1 ou 2) ',14);
  ReverseVideo(False);
  LireEntierXY(77,14,1,2,Ch);
  IF ((TE=TRUE) OR (CONTINUE=TRUE) OR (CH=2)) THEN

    BEGIN
      ClrScr;GotoXY(10,15);
      ReverseVideo(True);
      Write('RETOURNEZ ALORS AU MENU POUR RECOMMENCER AVEC L'OPTION VOULUE');
      ReverseVideo(False);
      GotoXY(10,17);ReverseVideo(True);
      Write('ATTENTION LES POUTRES EN TÊ ET CONTINUE
      NE SONT PAS ARMÉES DOUBLEMENT ICI');
      ReverseVideo(False);
      Write(#007);
      Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;HALT;
    END
    ELSE
      BEGIN
        DIMENSIONNEMENT_Repris_Espace_HMINI;
        EXIT;
      END;
    END;
END; {Verif_Du_PC_Rod0_Rupture_Ductile}

PROCEDURE C_13_2_Ductilite;

BEGIN
  RODO := AR/(B*D);
  WHILE ( (RODO < ROMINI) AND (RODO > ROBBA) ) DO
    Verif_Du_PC_RODO_RUPTURE_DUCTILE(RODO)
  END; {C_13_2_Ductilite}

PROCEDURE Calcul_de_D_connaissant_H;
BEGIN
  IF Htot1 >= Hmini THEN
    D := Htot1-70
  ELSE
    BEGIN
      HighVideo;
      CentrageMessage('VOUS N'AVEZ PAS RESPECTÉ LA HAUTEUR MINIMALE ',9);
      NormVideo;
      GotoXY(8,11); Write('HAUTEUR TOTALE MINIMALE A RESPECTER ');
      ReverseVideo(True);Write(HMINI:12:3);ReverseVideo(False);
      CentrageMessage('ENTREZ UNE AUTRE VALEUR DE LA HAUTEUR TOTALE (en mm) ',14);
      LireReelXY(70,14,1E-10,1E+10,Htot1);
      Calcul_de_D_connaissant_H(htot1,d);
    END;
  END; {Calcul_de_D_connaissant_H}

```

```

PROCEDURE Hauteur_Totale_OU_Utile;
VAR
  Ch : Integer;
  BEGIN
  ClrScr;
  (Cadre(Lig,Col,Lig2,Col2,Car,Fond,Caractere);)
  Cadre(3,3,9,76,'H',2,15);
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(5,5); Write(' 1- Vous connaissez la hauteur totale seule ');
  GotoXY(5,6); Write(' 2- Vous connaissez la hauteur utile seule ');
  ReverseVideo(False);
  CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX (1 ou 2) ',8);
  LireEntierXY(70,8,1,2,Ch);
  Delay(500);
  CASE Ch OF
    2: BEGIN
      ClrScr;
      ReverseVideo(True);
      GotoXY(10,9); Write(' Donnez la hauteur utile D en mm ');
      ReverseVideo(False);
      LireReelXY(70,9,1E-10,1E+10,D);
      HTOT1 := D + 70 ;
      WHILE HTOT1 < HMINI DO
        BEGIN
          CLRSCR;
          ReverseVideo(True);
          GotoXY(12,13);Write(' ');
          GotoXY(12,14);Write(' Vous devez augmenter la hauteur utile D à cause des ');
          GotoXY(12,15);Write(' ');
          GotoXY(12,16);Write(' des exigences de la norme pour la flèche. ');
          GotoXY(12,17);Write(' ');
          ReverseVideo(False);
          ReverseVideo(True);
          GotoXY(10,20); Write(' Donnez une autre valeur de la hauteur utile D en mm ');
          ReverseVideo(False);
          LireReelXY(70,20,1E-10,1E+10,D);
          HTOT1 := D + 70 ;
        END;
      END;
    1: BEGIN
      ClrScr;
      ReverseVideo(True);
      GotoXY(10,9); Write(' Donnez la hauteur totale en mm ');
      ReverseVideo(False);
      LireReelXY(70,9,1E-10,1E+10,HTOT1);
      Calcul_de_D_connaissant_H(htot1,d);
    END;
  END;
END; (Hauteur_Totale_OU_Utile)

```

```

PROCEDURE Saisie_Des_Donnees_Dim_Con;
  BEGIN
  REPEAT
    ClrScr;
    ReverseVideo(True);
    GotoXY(15,7);Write(' ');
    GotoXY(15,8);Write(' ██████████ ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES ██████████ ');
    GotoXY(15,9);Write(' ');
    ReverseVideo(False);
    GotoXY(5,10);Write('La Résistance en compression du béton (en MPa) ----->');
    GotoXY(5,11);Write('La Contrainte de l'acier (en MPa)----->');
    GotoXY(5,12);Write('La Masse volumique du béton(béton normal:2400Kg/m3)---->');
    GotoXY(5,13);Write('La Portée de la poutre (en mm) ----->');
    GotoXY(5,14);Write('le Moment pondéré (en KN.m) ----->');
    LireReelXY(65,10,1E-10,1E+10,FC);
    LireReelXY(65,11,1E-10,599,FY);
  
```

```

LireReelXY(65,12,1E-10,1E+10,GC);
LireReelXY(65,13,1E-10,1E+10,L);
LireReelXY(65,14,-1E+10,1E+10,MFO);
Mot:='Voulez-vous corriger les données? (O/N) ';
REPEAT
  GotoXY(1,16);clrEol;
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage(mot,16);
  ReverseVideo(False);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL NOT OUI;

MF:=ABS(MFO);
Delay(1500);
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,20); Write('ENTREZ LA LARGEUR DE LA POUTRE (en mm) ---> ');
ReverseVideo(False);
LireReelXY(70,20,1E-10,1E+10,B);
TYPE_D_APPUI(deno,appui);
CALCUL_DE_HMINI(HMINI);
ClrScr;
GotoXY(10,20); Write('LA HAUTEUR MINIMALE TOTALE A RESPECTER (en mm) ');

ReverseVideo(True);
GotoXY(65,20);Write(HMINI:10:3);
ReverseVideo(False); REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
Hauteur_Totale_OU_Utile;
END; (Saisie_Des_Donnees_Dim_Con )

PROCEDURE C_17_D_Impression_IMP;
BEGIN
Writeln(LST);
Writeln(LST,' ***** POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE *****');
Writeln(LST,' RÉSULTATS FINALS. ');
Writeln(LST,' *****');
Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
Writeln(LST,' LARGEUR B (en mm) = ', B:10:3);
Writeln(LST,' HAUTEUR UTILE (en mm) = ', D:10:3);
Writeln(LST,' SECTION D'ACIER NECESSAIRE (en mm2) = ',ASBD:10:3);
Writeln(LST,' DIAMETRE DES BARRE D'ACIER (en mm) = ',D0:10:3);
Writeln(LST,' NOMBRE DE BARRES = ',N:10:0 );
Writeln(LST,' NOMBRE DE LITS = ',NLIT:10);
Writeln(LST);
Writeln(LST,' SECTION D'ACIER CHOISIE (en mm2) = ',AR:10:3);
Writeln(LST,' MOMENT DE DESIGN (en KN.m) = ',MFO:10:3);
Writeln(LST,' MOMENT RESISTANT (en KN.m) = ',MR:10:3);
Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; HALT;
END;

PROCEDURE C_17_D_Impression;
BEGIN
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,7);Write(' ');
GotoXY(10,8);Write(' POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ');
GotoXY(10,9);Write(' RÉSULTATS FINALS. ');
GotoXY(10,10);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(2,12);Write(' ');
GotoXY(2,13);Write(' LARGEUR B (en mm) = ');
GotoXY(2,14);Write(' HAUTEUR UTILE (en mm) = ');
GotoXY(2,15);Write(' SECTION D'ACIER NECESSAIRE (en mm²) = ');
GotoXY(2,16);Write(' DIAMETRE DES BARRE D'ACIER (en mm) = ');

```

```

GotoXY(2,17);Write(' NOMBRE DE BARRES = ');
GotoXY(2,18);Write(' NOMBRE DE LITS = ');
GotoXY(2,19);Write(' ');
GotoXY(2,20);Write(' SECTION D''ACIER CHOISIE (en mm²) = ');
GotoXY(2,21);Write(' MOMENT DE DESIGN (en KN.m) = ');
GotoXY(2,22);Write(' MOMENT RESISTANT (en KN.m) = ');
GotoXY(2,23);Write(' ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(55,13); Write(B :10:3);
GotoXY(55,14); Write(D :10:3);
GotoXY(55,15); Write(ASBD :10:3);
GotoXY(55,16); Write(DO :10:3);
GotoXY(55,17); Write(N :10:0);
GotoXY(55,18); Write(NLIT :10 );
GotoXY(55,20); Write(AR :10:3);
GotoXY(55,21); Write(MFO :10:3);
GotoXY(55,22); Write(MR :10:3);
ReverseVideo(False);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=( 'VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then C_17_D_IMPRESSON_IMP;
Halt;
END;

```

PROCEDURE C_17_I_Impression_IMP;

```

BEGIN
Writeln(LST,' *****');
Writeln(LST,'          POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ');
Writeln(LST,'          RÉSULTATS FINALS. ');
Writeln(LST,' *****');
Writeln(LST,' x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
Writeln(LST,'          LARGEUR B (en mm) = ',B:10:3);
Writeln(LST,'          HAUTEUR UTILE D (en mm) = ',D:10:3);
Writeln(LST,'          SECTION D''ACIER NECESSAIRE (en mm²) = ',ASBD:10:3);
Writeln(LST,'          PLUS GRAND DIAMETRE DE BARRE (en mm) = ',D1:10:3);
Writeln(LST,'          NOMBRE DE BARRES DE GRAND DIAMETRE = ',N1:10:3);
Writeln(LST,'          PLUS PETIT DIAMETRE DE BARRE (en mm) = ',D2:10:3);
Writeln(LST,'          NOMBRE DE BARRES DE PETIT DIAMETRE = ',N2:10:0);
Writeln(LST,'          NOMBRE DE LITS = ',NLIT:10);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'          ARMATURE CHOISIE (en mm²) = ',AR:10:3);
Writeln(LST,'          MOMENT DE DESIGN MF (en KN.m ) = ',MF:10:3);
Writeln(LST,'          MOMENT RESISTANT MR (en KN.m) = ',MR:10:3);
Writeln(LST,' x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;HALT ;
END;

```

PROCEDURE C_17_I_Impression;

```

BEGIN
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10, 7);Write(' ');
GotoXY(10, 8);Write(' POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ');
GotoXY(10, 9);Write(' RÉSULTATS FINALS. ');
GotoXY(10,10);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(2,12);Write(' ');
GotoXY(2,13);Write(' LARGEUR B (en mm) = ');
GotoXY(2,14);Write(' HAUTEUR UTILE D (en mm) = ');

```

```

GotoXY(2,15);Write(' SECTION D''ACIER NECESSAIRE (en mm²) = ');
GotoXY(2,16);Write(' PLUS GRAND DIAMETRE DE BARRE (en mm) = ');
GotoXY(2,17);Write(' NOMBRE DE BARRES DE GRAND DIAMETRE = ');
GotoXY(2,18);Write(' PLUS PETIT DIAMETRE DE BARRE (en mm) = ');
GotoXY(2,19);Write(' NOMBRE DE BARRES DE PETIT DIAMETRE = ');
GotoXY(2,20);Write(' NOMBRE DE LITS = ');
GotoXY(2,21);Write(' ');
GotoXY(2,22);Write(' ARMATURE CHOISIE (en mm²) = ');
GotoXY(2,23);Write(' MOMENT DE DESIGN MF (en KN.m) = ');
GotoXY(2,24);Write(' MOMENT RESISTANT MR (en KN.m) = ');
GotoXY(2,25);Write(' ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(55,13); Write(B :10:3);
GotoXY(55,14); Write(D :10:3);
GotoXY(55,15); Write(ASBD :10:3);
GotoXY(55,16); Write(D1 :10:3);
GotoXY(55,17); Write(N1 :10:0 );
GotoXY(55,18); Write(D2 :10:3);
GotoXY(55,19); Write(N2 :10:0);
GotoXY(55,20); Write(NLIT :10 );
GotoXY(55,22); Write(AR :10:3);
GotoXY(55,23); Write(MF :10:3);
GotoXY(55,24); Write(MR :10:3);
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
ReverseVideo(False);

ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=( 'VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);
Until REponseValide;
IF OUI Then C_17_I_IMPRESSIION_IMP;
Halt;
END;

PROCEDURE Saisie_Rectang_Doublement_Arme;
BEGIN
REPEAT
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(2,2); Write(' ');
GotoXY(2,3); Write(' ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES ');
GotoXY(2,4); Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(5,5);Write('La Distance De La Fibre La Plus Comprimée au ');
GotoXY(5,6); Write('centre de gravité de l''armature comprimée (en mm) D');
GotoXY(5,8); Write('La Largeur De La Poutre (en mm) B ----- ');
GotoXY(5,10);Write('La Résistance en Compression Du Béton Fc (en MPa)----> ');
GotoXY(5,12);Write('La Contrainte de L''ACIER Fy (en MPa) -----> ');
GotoXY(5,14);Write('Le Moment Pondéré Total (en KN.m) -----> ');
HighVideo;
LireReelXY(72,6,1E-10,1E+10,DP);
LireReelXY(72,8,1E-10,1E+10,B);
LireReelXY(72,10,1E-4,1E+10,FC);
LireReelXY(72,12,1E-10,599,FY);
LireReelXY(72,14,-1E+10,1E+10,MFO);
NormVideo;
REPEAT
GotoXY(1,16);clrEol;
CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS ? (O/N)',16);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL NOT OUI;
MF:=ABS(MFO);
END;( fin de la PROCEDURE )

```

```

PROCEDURE Calcul_de_M1;
BEGIN
  RO1:=0.85*ROBBA;
  AS1:=RO1*B*D;
  A:=(as1*fy)/(0.6*fc*b);
  M1:=(0.85*fy*as1)*(d-(a/2))*1E-6;

  IF M1>=MF THEN
  Begin
    ClrScr;ReverseVideo(True);
    CentrageMessage('ON N''A PAS BESOIN D''ARMER DOUBLEMENT <RETOUR AU MENU>',15);
    ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    HALT;
    END;
  End;

PROCEDURE Acier_Comprime_tendu;
BEGIN
  M2:=MF-M1;
  ASP:=(M2*1E+6)/(0.85*FY*(D-DP));
  AS:=AS1+ASP;
  END;

PROCEDURE Ecoulement_Meme;

BEGIN
  Ecoule:=(0.6*B1*FC*DP*600)/(FY*D*(600-FY));
  A:=(FY*(ART-ARC))/(0.6*FC*B);
  MR:=(0.85*FY*(ART-ARC)*(D-A/2))*1E-6 + (0.85*ARC*FY*(D-DP))*1E-6;
  IF rodi>=Ecoule THEN
  BEGIN
    Clrscr;HighVideo;
    MOT:='L''ACIER DE COMPRESSION S''ECOULE.';
    CentrageMessage(mot,10);REPEAT UNTIL Barre_Espacement; NormVideo;
    END (fin de THEN)
  ELSE
  BEGIN
    ClrScr;HighVideo;
    Mot:='L''ACIER DE COMPRESSION NE S''ECOULE PAS.';
    CentrageMessage(mot,10);REPEAT UNTIL Barre_Espacement;NormVideo;
    END;(fin de ELSE)
  END;(fin de la PROCEDURE)

PROCEDURE C_22_LES_PC_D_ACIER;
BEGIN
  RO:=ART/(B*D) ;
  ROP:=ARC/(B*D);
  ROB:=ROBBA+ROP;
  RODI:=RO-ROP;
  END;

PROCEDURE Ecoulement_Acier_Compression;
BEGIN
  Rodi:=(art-arc)/(b*d);
  Ecoulement_Meme(mr);
  END;

PROCEDURE C_0_IMP;
BEGIN
  Writeln(LST,' *****');
  Writeln(LST,'          RÉSULTATS DE DESIGN DE POUTRE RECTANGULAIRE          ');
  Writeln(LST,'          DOUBLEMENT ARMÉE          ');
  Writeln(LST,' *****');
  Writeln(LST,' x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x ');
  Writeln(LST,'Largeur B (en mm) = ', B:8:3);

```

```

Writeln(LST,'Hauteur UTILE D (en mm) = ',D:8:3);
Writeln(LST,'Distance de la fibre la plus comprimée à As'(en mm) = ',DP:8:3);
Writeln(LST,'Le Moment Pondere (en KN.m) = ',MFO:8:3);
Writeln(LST,'Le Moment Resistant (en KN.m) = ',MR:8:3);
Writeln(LST);
END;

PROCEDURE C_1_IMP;
BEGIN
Writeln(LST,'Armature Tendue necessaire (en mm2) = ',AS:8:3);
Writeln(LST,'Diametre des barres d''Armature Tendue (en mm) = ',DOT:8:3);
Writeln(LST,'Nombre Total des barres d''Armature Tendue = ',NT:8:3 );
Writeln(LST,'Nombre de LITS pour l''Acier Tendue = ',NTLIT:8);
Writeln(LST,'Armature Tendue Choisie ( en mm2) = ',ART:8:3);
Writeln(LST);
END;
PROCEDURE C_2_IMP;
BEGIN
Writeln(LST,'Armature Tendue necessaire (en mm2) = ',AS:8:3);
Writeln(LST,'Plus Grand Diametre de l''Acier Tendue (en mm) = ',D1T :8 :3 );
Writeln(LST,'Nombre de barres de Grand Diametre pour As = ',NT1 :8 :0 );
Writeln(LST,'Plus petit Diametre de l''Acier Tendue (en mm) = ',D2T :8 :3 );
Writeln(LST,'Nombre de barres de Petit Diametre pour As = ',NT2 :8 :0 );
Writeln(LST,'Nombre de LITS pour l''Acier Tendue = ',NTLIT:8 );
Writeln(LST,'Armature Tendue Choisie ( en mm2) = ',ART:8:3);
Writeln(LST);
END;
PROCEDURE C_3_IMP;
BEGIN
Writeln(LST,'Armature Comprimee necessaire (en mm2) = ',ASP:8:3);
Writeln(LST,'Diametre des barres d''Armature Comprimee = ',DOC:8:3);
Writeln(LST,'Nombre Total de barres d''Acier Comprime = ',NC:8:3);
Writeln(LST,'Nombre de LITS pour l''Armature Comprimee = ',NCLIT:8);
Writeln(LST,'Armature Comprimee Choisie ( en mm2) = ',ARC:8:3);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
END;
PROCEDURE C_4_IMP;
BEGIN
Writeln(LST,'Armature Comprimee necessaire (en mm2) = ',ASP:8:3);
Writeln(LST,'Plus Grand Diametre de l''Acier Comprime (en mm) = ',d1c:8:3);
Writeln(LST,'Nombre de barres de Grand Diametre pour As'' = ',nc1:8:0);
Writeln(LST,'Plus petit Diametre de l''Acier Cmprime (en mm) = ',d2c:8:3);
Writeln(LST,'Nombre des barres de Petit Diametre pour As'' = ',nc2:8:0);
Writeln(LST,'Nombre de LITS pour l''Acier Comprime = ',nclit:8);
Writeln(LST,'Armature Comprimee Choisie ( en mm2) = ',ARC:8:3);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x*x');
END;
PROCEDURE C_25_1_IMP;
BEGIN
c_0_imp; c_1_imp; c_3_imp;
END;
PROCEDURE C_25_2_IMP;
BEGIN
c_0_imp; c_1_imp; c_4_imp;
END;
PROCEDURE C_25_3_IMP;
BEGIN
c_0_imp; c_2_imp; c_3_imp;
END;
PROCEDURE C_25_4_IMP;
BEGIN
c_0_imp;
c_2_imp;
c_4_imp;
END;

```

```

PROCEDURE C_25_1_A;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10, 1);Write(' ');
  GotoXY(10, 2);Write(' RÉSULTATS DE DESIGN DE POUTRE RECTANGULAIRE ');
  GotoXY(10, 3);Write(' DOUBLEMENT ARMÉE ');
  GotoXY(10, 4);Write(' ');
  ReverseVideo(False); HighVideo;
  GotoXY( 1, 4);Write(' ');
  GotoXY( 1, 5);Write(' Largeur B (en mm) = ');
  GotoXY( 1, 6);Write(' Hauteur UTILE D (en mm) = ');
  GotoXY( 1, 7);Write(' Distance de la fibre la plus comprimée à As''(en mm)= ');
  GotoXY( 1, 8);Write(' Le Moment Pondéré (en KN.m) = ');
  GotoXY( 1,9 );Write(' Le Moment Resistant (en KN.m) = ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(64, 5);Write (B :8 :3 );
  GotoXY(64, 6);Write (D :8 :3 );
  GotoXY(64, 7);Write (DP :8 :3 );
  GotoXY(64, 8);Write (MFO :8 :3 );
  GotoXY(64,9 );Write (MR :8 :3 );
  ReverseVideo(False);
END;( Fin de la PROCEDURE C_25_1_A)

```

```
PROCEDURE C_25_1_B;
```

```

BEGIN
  GotoXY( 1,10); Write(' Armature Tendue nécessaire (en mm²) = ');
  GotoXY( 1,11); Write(' Armature Tendue Choisie ( en mm²) = ');
  GotoXY( 1,12); Write(' Armature Comprimée nécessaire (en mm²) = ');
  GotoXY( 1,13); Write(' Armature Comprimée Choisie ( en mm²) = ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(64,10); Write(AS :8 :3);
  GotoXY(64,11); Write(ART:8 :3);
  GotoXY(64,12); Write(ASP:8 :3);
  GotoXY(64,13); Write(ARC:8 :3);
  ReverseVideo(False);
END;(fin de la PROCEDURE C_25_1B)

```

```
PROCEDURE C_25_1_C;
```

```

BEGIN
  GotoXY( 1,14);Write(' Diamètre des barres d''Armature Tendue (en mm) = ');
  GotoXY( 1,15);Write(' Nombre Total des barres d''Armature Tendue = ');
  GotoXY( 1,16);Write(' Nombre de LITS pour l''Acier Tendu = ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(64,14);Write(DOT :8 :3);
  GotoXY(64,15);Write(NT :8 :0);
  GotoXY(64,16);Write(NTLIT:8 );
  ReverseVideo(False);
END;( Fin de la PROCEDURE)

```

```
PROCEDURE C_25_1_D(DL:Byte);
```

```

BEGIN
  GotoXY(1 ,DL); Write(' Diamètre des barres d''Armature Comprimée = ');
  GotoXY(1 ,DL+1); Write(' Nombre Total de barres d''Acier Comprimé = ');
  GotoXY(1 ,DL+2); Write(' Nombre de LITS pour l''Armature Comprimée = ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(64,DL);Write(DOC :8 :3) ;
  GotoXY(64,DL+1);Write(NC :8 :0) ;
  GotoXY(64,DL+2);Write(NCLIT:8 ) ;
  ReverseVideo(False);

```

```
END; (fin de C_25_1_D)
```

```
PROCEDURE C_25_2_A(DL:Byte);
```

```
  BEGIN
    GotoXY(1,DL); Write(' Plus Grand Diamètre de l''Acier Compriné (en mm)= ');
    GotoXY(1,DL+1);Write(' Nombre de barres de plus Grand  $\phi$  pour As'' = ');
    GotoXY(1,DL+2);Write(' Plus petit Diamètre de l''Acier Cmprimé (en mm) = ');
    GotoXY(1,DL+3);Write(' Nombre des barres de plus Petit  $\phi$  pour As'' = ');
    GotoXY(1,DL+4);Write(' Nombre de LITS pour l''Acier Compriné = ');
    ReverseVideo(TRUE);
    GotoXY(64,DL); Write(D1C :8 :3);
    GotoXY(64,DL+1); Write(NC1 :8 :0);
    GotoXY(64,DL+2); Write(D2C :8 :3);
    GotoXY(64,DL+3); Write(NC2 :8 :0);
    GotoXY(64,DL+4); Write(NCLIT:8);
    ReverseVideo(FALSE);
  END; (fin de la PROCEDURE C_25_2_A)
```

```
PROCEDURE C_25_3_A;
```

```
  BEGIN
    GotoXY(1,14);Write(' Plus Grand Diamètre de l''Acier Tendu (en mm) = ');
    GotoXY(1,15);Write(' Nombre de barres de plus Grand  $\phi$  pour As = ');
    GotoXY(1,16);Write(' Plus petit Diamètre de l''Acier Tendu (en mm) = ');
    GotoXY(1,17);Write(' Nombre des barres de plus Petit  $\phi$  pour As = ');
    GotoXY(1,18);Write(' Nombre de LITS pour l''Acier Tendu = ');
    ReverseVideo(TRUE);
    GotoXY(64,14); Write(D1T :8 :3);
    GotoXY(64,15); Write(NT1 :8 :0);
    GotoXY(64,16); Write(D2T :8 :3);
    GotoXY(64,17); Write(NT2 :8 :0);
    GotoXY(64,18); Write(NTLIT:8 );
    ReverseVideo(FALSE);
  END;
```

```
PROCEDURE C_25_1;
```

```
  BEGIN
    c_25_1_a;
    c_25_1_b;
    c_25_1_c;
    c_25_1_d(17);
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
    ClrScr; ReverseVideo(True);
    MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
    REPEAT
      GotoXY(1,15); ClrEol;
      CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
    Until REPONSEVALIDE;
    IF OUI Then C_25_1_IMP;
  HALT;

  END;
```

```
PROCEDURE C_25_2;
```

```
  BEGIN
    c_25_1_a;
    c_25_1_b;
    c_25_1_c;
    c_25_2_a(17);
```

```

REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');

REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then C_25_2_IMP;
HALT;
    END;

PROCEDURE C_25_3;

    BEGIN
    c_25_1_a;
    c_25_1_b;
    c_25_3_a;
    c_25_1_d(19);
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
    ClrScr; ReverseVideo(True);
    MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');

REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then C_25_3_IMP;
HALT;
    END;

PROCEDURE C_25_4;

    BEGIN
    c_25_1_a;
    c_25_1_b;
    c_25_3_a;
    c_25_2_b(19);
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
    ClrScr; ReverseVideo(True);
    MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
    REPEAT
    GotoXY(1,15); ClrEol;
    CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
    Until REPONSEVALIDE;
    IF OUI Then C_25_4_IMP;
    HALT;
    END;

END.

```

```
USES Crt,Printer,Dos,Punit1,Punit2;
```

```
VAR CH:INTEGER;
```

```
PROCEDURE PRINCIPAL1_RECT_SIMPLE_ARMEE;
```

```
VAR Ch:integer;
```

```
BEGIN
```

```
CONTINUE:=FALSE; TE:=FALSE; DOUBLEMENT:=False;
```

```
ClrScr; GotoXY(10,15);
```

```
ReverseVideo(True);
```

```
Write('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMEE ');
```

```
ReverseVideo(False);
```

```
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
```

```
ClrScr;
```

```
HighVideo;
```

```
GotoXY(10,10);Write('1.LES DIMENSIONS DE LA SECTION DU BÉTON SONT CONNUES');
```

```
GotoXY(10,12);Write('2.LES DIMENSIONS DE LA SECTION DU BÉTON SONT INCONNUES');
```

```
ReverseVideo(True);
```

```
GotoXY(25,14); Write(' FAITES VOTRE CHOIX -----> (1 ou 2) ');
```

```
ReverseVideo(False);
```

```
LireEntierXY(70,14,1,2,Ch);
```

```
IF Ch=1 THEN
```

```
BEGIN
```

```
DDOLLAR:='N';
```

```
Saisie_des_donnees_dim_con(fc,fy,gc,l,mfo,mf,b);
```

```
Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
```

```
BEGIN
```

```
clrscr;highvideo;
```

```
Mot:='TAPEZ (P) SI VOUS AVEZ TENU COMPTE DU POIDS PROPRE DE LA POUTRE';
```

```
CentrageMessage(mot,5);
```

```
mot:='DANS LE CALCUL DU MOMENT SI NON UNE AUTRE TOUCHE';
```

```
CentrageMessage(mot,7); Normvideo;
```

```
GotoXY(68,7);
```

```
pdollar:=ReadKey;
```

```
IF ((pdollar <>'P')AND(pdollar<>'p')) THEN
```

```
BEGIN
```

```
IF Appui = 1 THEN
```

```
MF:= (MF/1.1) + (1.25/8)*(B*HTOT1*2400*9.81*Sqr(L)*1E-15);
```

```
IF Appui = 2 THEN
```

```
MF:= (MF/1.1) + (1.25/2)*(B*HTOT1*2400*9.81*Sqr(L)*1E-15);
```

```
END ;
```

```
END;
```

```
Calcul_acier_b_et_d_connues(kr,ro,asbd);
```

```
Affichage_apres_calcul_d_armature(asbd);
```

```
H_2_Espacement;
```

```
Verif_du_pc_rod0_rupture_ductile(rod0);
```

```
C_13_2_ductilite;
```

```
calcul_du_moment_resistant(a1,a,mr);
```

```
IF DDollar IN ['o','O'] THEN
```

```
C_17_D_impression
```

```
ELSE
```

```
C_17_i_impression;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```
DDollar:='N';
```

```
Saisie_des_donnees_dim_inc(fc,fy,gc,l,mfo,mf);
```

```
Majoration_du_poids_propre(mf,pdollar);
```

```
TYPE_D_APPUI(deno,appui);
```

```

    Calcul_de_hmini(hmini);
    Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
    ClrScr;
    mot:='HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) à RESPECTER= ';
    CentrageMessage(mot,10);
    ReverseVideo(true);
    GotoXY(62,10); Write(hmini:12:3);
    REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
    ReverseVideo(false);
    choix_pc_acier(ro,kr,bd2); ClrScr;
Begin
GOTOXY(5,10);Write('1. VOUS AVEZ DES VALEURS DE LA LARGEUR B à ESSAYER');
GOTOXY(5,12);Write('2. VOUS VOULEZ QU'ON VOUS PROPOSE DES DIMENSIONS');
CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX ----->(1 OU 2): ',14);
LireEntierXY(70,14,1,2,ch);

    IF CH=2 THEN
        Begin
            B:=exp(1/3*ln(BD2/sqr(1.75)));
            D:= sqrt(BD2/B);
            ASBD:=ro*B*D;
            ClrScr;ReverseVideo(True);
            GotoXY(10,10); Write('LARGEUR PROPOSÉE B (en mm) = ',b:10:2);
            GotoXY(10,12); Write('HAUTEUR UTILE PROPOSÉE D (en mm)=' ,D:10:2);
            ReverseVideo(False);
            Repeat
            CLS(18,20);
            HIGHVIDEO;
            CentrageMessage('ENTREZ LES VALEURS ARRONDIES QUE VOUS RETENEZ : ',15);
            GotoXY(15,18);Write('LARGEUR B (en mm) ');
            GotoXY(15,20);Write('HAUTEUR UTILE D (en mm)');
            LireReelXY(55,18,1E-4,1E+10,B);
            LireReelXY(55,20,1E-4,1E+10,D); NormVideo;
            Highvideo;
            mot:='Voulez-vous faire des corrections ? (O/N)';
            Normvideo;
            REPEAT
                GotoXY(1,22);clrEol;
                CentrageMessage(mot,22);
            UNTIL reponsevalide;
            UNTIL NOT oui;
                ASBD:=RO*B*D;
                End
            ELSE
                dimensions_poutre_section_acier(b,d,rap,asbd,ro);
            End;
            affichage_apres_calcul_d_armature(asbd);
            H_1_ESPACEMENT;
            H_3_HAUTEUR_TOTALE;
            verif_poids_propre(mfn,krnv,kr,asnv,ronv);
            C_14_2_POIDS_PROPRES;
            VERIF_du_pc_rod0_rupture_ductile(rod0);
            C_13_2_ductilite;
            calcul_du_moment_resistant(a1,a,mr);
            IF DDOLLAR IN ['O','0'] THEN
                C_17_d_impression
            ELSE
                C_17_i_impression ;
            END;
        END;
    END;
END;

```

```

PROCEDURE PRINCIPAL_2_RECT_DOUBLEMENT_ARMEE;

BEGIN
  DOUBLEMENT:=true;
  CONTINUE:=FALSE;TE:=false;
  ClrScr; GotoXY(10,15);
  ReverseVideo(True);
  Write('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMEE ');
  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;

  TYPE_d_appui(deno,appui);
  Veric:=0 ;Verit:=0;
  REPEAT
  CLRscr;
  GotoXY(5,5);Write('Entrez La Portée de la Poutre (en mm)----->');
  GotoXY(5,7);Write('Entrez La Densité du Béton (Béton Normal:2400Kg/m³)---->');
  LireReelXY(65,5,1E-10,1E+10,l);
  LireReelXY(65,7,1E-10,1E+10,Gc);
  Mot:='Voulez-vous corriger les données ?(O/N)';
  REPEAT
  GotoXY(1,10);ClrEol;
  ReverseVideo(True);
  centragemessage(mot,10);
  ReverseVideo(false);
  UNTIL ReponseValide;
  UNTIL NOT OUI;
  Saisie_rectang_doublement_armee(dp,b,fc,fy,mfo,mf);
  calcul_de_hmini(hmini);
  ClrScr;HighVideo;
  CentrageMessage('HAUTEUR TOTALE MINIMALE à RESPECTER (en mm)= ',10);
  GotoXY(65,10);
  ReverseVideo(True);
  Write(HMINI:10:3);
  ReverseVideo(False);
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement; NormVideo;
  HAUTEUR_TOTALE_OU_UTILE;
  Calcul_PC_Mini_Max_Acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
  Calcul_de_M1(as1,m1);
  Acier_Comprime_Tendu(m2,asp,as);
  ASBD:=AS;ClrScr;ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('CHERCHONS LA SECTION D''ACIER TENDU',15);
  ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
  Affichage_Apres_Calcul_d_Armature(asbd);
  H_2_Espacement;
  IF (ddollar='o')OR(ddollar='O') THEN
  BEGIN
  NTLIT:=nlit;
  nt:=n;
  art:=ar;
  dot:=d0;
  verit:=2;
  END
  ELSE
  BEGIN
  nt1:=n1; nt2:=n2; art:=ar; d1t:=d1; d2t:=d2; ntlit:=nlit;
  END;
  Asbd:=Asp;
  ClrScr; HIGHVIDEO;
  GotoXY(10,10);Write('PASSONS à L''ACIER COMPRIMÉ :');
  DELAY(3000);NormVideo;
  H_2_Espacement;
  IF (ddollar='o') OR (ddollar='O') THEN
  BEGIN
  nc:=n; arc:=ar; nclit:=nlit; veric:=3; doc:=d0;
  END

```

```

ELSE
  BEGIN
    nc1:=n1; nc2:=n2; nclit:=nlit; arc:=ar; d1c:=d1; d2c:=d2;
    END;

    Ecoulement_Acier_Compression;
    IF verit=2 THEN
      IF veric=3 THEN C_25_1
      ELSE C_25_2
    ELSE
      IF Veric=3 THEN C_25_3
      ELSE C_25_4;
END;

PROCEDURE ANALYSE_RECT_SIMPLE;

  BEGIN
    ClrScr;ReverseVideo(True);
    CentrageMessage('ANALYSE DE POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE.',15);
    Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; ReverseVideo(False);
    clrscr;
    REPEAT
      ReverseVideo(True);
      GotoXY(15,6); Write(' ');
      GotoXY(15,7); Write(' ██████████ ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES ██████████ ');
      GotoXY(15,8); Write(' ');
      ReverseVideo(False);
      GotoXY(5,10);Write('La Resistance en compression du béton (en MPa) ----->');
      GotoXY(5,11);Write('La Contrainte de l''acier (en MPa) ----->');
      GotoXY(5,12);Write('La Largeur De La Section Du BÉTON B en (mm) ----->');
      GotoXY(5,13);Write('La Hauteur Utile D (en mm) ----->');
      GotoXY(5,14);Write('la Section D''Acier (en mm²) ----->');
      GotoXY(5,15);Write('La Densité Du Béton (béton normal:2400Kg/m3) ----->');
      GotoXY(5,16);Write('La Portée de la POUTRE L en (mm) ----->');
      GotoXY(5,17);Write('La Hauteur Totale H (en mm) ----->');
      Lirereelxy(68,10,1E-10,1E+10,fc);
      Lirereelxy(68,11,1E-10,599,fy);
      Lirereelxy(68,12,1E1-10,1E+10,B);
      Lirereelxy(68,13,1E-10,1E+10,D);
      Lirereelxy(68,14,-1E+10,1E+10,AR);
      Lirereelxy(68,15,1E-10,1E+10,GC);
      Lirereelxy(68,16,1E1-10,1E+10,L);
      Lirereelxy(68,17,(d+1),1E+10,HTOT);

      Highvideo;
      mot:='Voulez-vous corriger les données?(O/N)';
      Normvideo;
      REPEAT
        GotoXY(1,19);clrEol;
        CentrageMessage(mot,19);
      UNTIL reponsevalide;
    UNTIL NOT oui;
    Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
    RO:=AR/(B*D);
    If RO<ROMINI Then
      Begin
        clrscr;ReverseVideo(True);
        CentrageMessage('LA SECTION EST INACCEPTABLE EN B.A. CAR [RO < ROMINI].',15);
        CentrageMessage('EN EFFET LA RUPTURE NE SERA PAS DUCTILE.',16);
        ReverseVideo(False); Repeat until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
      END
    Else
      If RO>robba Then
        Begin
          clrscr;ReverseVideo(True);
          CentrageMessage('LA SECTION EST INACCEPTABLE EN B.A. CAR [RO > ROMAX].',15);

```

```

CentrageMessage('EN EFFET LA RUPTURE NE SERA PAS DUCTILE.',16);
ReverseVideo(False); Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
End;
CALCUL_DU_MOMENT_RESISTANT(A1,A,MR);
TYPE_D_APPUI(DENO,APPUI);
CALCUL_DE_HMINI(HMINI);
IF HTOT<HMINI Then
Begin
ClrScr;ReverseVideo(True);
CentrageMessage('LA HAUTEUR TOTALE N'EST PAS CONFORME AUX EXIGENCES
DE LA NORME',15); CentrageMessage('POUR LA FLECHE . MERCI.',16 );
ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;HALT;
End;

BEGIN
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10, 7);Write(' ');
GotoXY(10, 8);Write(' POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ');
GotoXY(10, 9);Write(' RÉSULTATS FINALS D'ANALYSE. ');
GotoXY(10,10);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(2,12);Write(' ');
GotoXY(2,13);Write(' MOMENT RESISTANT (en KN.m) = ');
GotoXY(2,14);Write(' Hauteur Utile (en mm) = ');
GotoXY(2,15);Write(' Largeur B (en mm) = ');
GotoXY(2,16);Write(' Section d'acier (en mm² ) = ');
GotoXY(2,17);Write(' ');
GotoXY(2,18);Write(' Pourcentage Minimal d'Acier = ');
GotoXY(2,19);Write(' Pourcentage d'Acier = ');
GotoXY(2,20);Write(' Pourcentage MAXimal d'Acier = ');
GotoXY(2,21);Write(' ');
GotoXY(2,22);Write(' Hauteur minimale exigée (en mm) = ');
GotoXY(2,23);Write(' ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(55,13); Write(MR :10:3);
GotoXY(55,14); Write(D :10:3);
GotoXY(55,15); Write(B :10:3);
GotoXY(55,16); Write(AR :10:3);
GotoXY(55,18);Write(ROMINI:10:4);
GotoXY(55,19); Write(RO :10:4);
GotoXY(55,20); Write(ROBBA:10:4);
GotoXY(55,22); Write(HMINI:10:3);
ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
END;

PROCEDURE ANALYSE_IMPRESSION_DOUBLE;
BEGIN
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(10, 7);Write(' ');
GotoXY(10, 8);Write(' POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE ');
GotoXY(10, 9);Write(' RÉSULTATS FINALS D'ANALYSE. ');
GotoXY(10,10);Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(2,12);Write(' ');
GotoXY(2,13);Write(' MOMENT RESISTANT (en KN.m) = ');
GotoXY(2,14);Write(' Hauteur Utile (en mm) = ');
GotoXY(2,15);Write(' Largeur B (en mm) = ');
GotoXY(2,16);Write(' Section d'acier TENDU (en mm² ) = ');
GotoXY(2,17);Write(' ');
GotoXY(2,18);Write(' Pourcentage Minimal d'Acier = ');
GotoXY(2,19);Write(' Pourcentage d'Acier = ');
GotoXY(2,20);Write(' Pourcentage MAXimal d'Acier = ');
GotoXY(2,21);Write(' ');
GotoXY(2,22);Write(' Section d'Acier Comprimé (mm²) = ');
GotoXY(2,23);Write(' ');

```

```

ReverseVideo(True);
GotoXY(55,13); Write(MR :10:3);
GotoXY(55,14); Write(D :10:3);
GotoXY(55,15); Write(B :10:3);
GotoXY(55,16); Write(ART :10:3);
GotoXY(55,18);Write(ROMINI:10:4);
GotoXY(55,19); Write(RO :10:4);
GotoXY(55,20); Write(ROB :10:4);
GotoXY(55,22); Write(ARC :10:3);
ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
END;

PROCEDURE ANALYSE_RECT_DOUBLE;

BEGIN
ClrScr;ReverseVideo(True);
CentrageMessage('ANALYSE DE POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE.',15);
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; ReverseVideo(False);
clrscr;
REPEAT
ReverseVideo(True);
GotoXY(15,6); Write(' ');
GotoXY(15,7); Write(' ██████████ ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES ██████████ ');
GotoXY(15,8); Write(' ');
ReverseVideo(False);
GotoXY(5,10);Write('La Resistance en compression du béton (en MPa) ----->');
GotoXY(5,11);Write('La Contrainte de l''acier (en MPa) ----->');
GotoXY(5,12);Write('La Largeur De La Section Du BÉTON B en (mm) ----->');
GotoXY(5,13);Write('La Hauteur Utile D (en mm) ----->');
GotoXY(5,14);Write('La Section D''Acier Tendu As (en mm²) ----->');
GotoXY(5,15);Write('La Section D''Acier Comprimé As'' (en mm²) ----->');
GotoXY(5,16);Write('La Distance qui sépare la Fibre la plus comprimée ');
GotoXY(5,17);Write('Du Centre de Gravité de l''Acier Comprimé (en mm) ---->');

Lirereelxy(68,10,1E-10,1E+10,fc);
Lirereelxy(68,11,1E-10,599,fy);
Lirereelxy(68,12,1E-10,1E+10,B);
Lirereelxy(68,13,1E-10,1E+10,D);
Lirereelxy(68,14,-1E+10,1E+10,ART);
Lirereelxy(68,15,1E-10,1E+10,ARC);
Lirereelxy(68,17,1E-10,d-1E-4,DP);
Highvideo;
mot:='Voulez-vous corriger les données?(O/N)';
Normvideo;
REPEAT
GotoXY(1,19);clrEol;
CentrageMessage(mot,19);
UNTIL reponsevalide;
UNTIL NOT oui;
Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
C_22_LES_PC_D_ACIER(RO,ROP,ROB,RODI);
If RO<ROMINI Then
Begin
clrscr;ReverseVideo(True);
CentrageMessage('LA SECTION EST INACCEPTABLE EN B.A. CAR [RO < ROMINI].',15);
CentrageMessage('EN EFFET LA RUPTURE NE SERA PAS DUCTILE.',16);

ReverseVideo(False); Repeat until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
END
Else
If RO >rob Then
Begin
clrscr;ReverseVideo(True);
CentrageMessage('LA SECTION EST INACCEPTABLE EN B.A. CAR [RO > ROMAX].',15);

```

```

CentrageMessage('EN EFFET LA RUPTURE NE SERA PAS DUCTILE.',16);
ReverseVideo(False); Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;  HALT;
END
ELSE If RO<=ROBBA Then
Begin
ClrScr;ReverseVideo(True);
CentrageMessage('LA POUTRE SE COMPORTE COMME POUTRE
RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ',15) ;
ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;AR:=ART;
CALCUL_DU_MOMENT_RESISTANT(A1,A,MR);
ANALYSE_IMPRESSION_DOUBLE;
END
ELSE
BEGIN
Ecoulement_Acier_Compression;
ANALYSE_IMPRESSION_DOUBLE;
END;
END;

BEGIN
ReverseVideo(False);
ClrScr;
CADRE(7,5,23,70,'B',2,14);
GotoXY(7,10);Write('1. '); ReverseVideo(True);
GotoXY(10,10);
Write('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE');
ReverseVideo(False);
GotoXY(7,13);Write('2. ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,13);
Write('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE');
ReverseVideo(False);

GotoXY(7,16);Write('3. ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,16);
Write('ANALYSE DE POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE');
ReverseVideo(False);
GotoXY(7,19);Write('4. ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,19);
Write('ANALYSE DE POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE');
ReverseVideo(False);
GotoXY(7,21);Write('5. ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(10,21);Write(' RETOUR AU MENU ');
ReverseVideo(False);

Centragemessage('VOTRE CHOIX -----> (1,2,3,4 OU 5)',24);
LireEntierXY(60,24,1,5,ch);
CASE CH OF
1: BEGIN
PRINCIPAL1_RECT_SIMPLE_ARMEE;
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
END;
2: BEGIN
PRINCIPAL_2_RECT_DOUBLEMENT_ARMEE;
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;
3: BEGIN
ANALYSE_RECT_SIMPLE;
END;
4: ANALYSE_RECT_DOUBLE;
5: HALT;
END;
END.

```

```

USES Crt,Printer,Punit1,Punit2;
VAR
  HF,E,EN,BTOT,HF1,BCD,B1,B2,B3,COEFA2,COEFA1,
  COEFA0,A1,A2,A,MREF,BTEMP,AS,ROF,DELTA,ANV
                                          : REAL;

  PROCEDURE C_30_2ABC ;
Begin
  ClrScr;
  REPEAT
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES',3);
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(5,6 ); Write(' DENSITE DU BETON (Béton Normal: 2400Kg/m3) ----->');
  GotoXY(5,7 ); Write(' LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (en MPa)----->');
  GotoXY(5,8 ); Write(' LA LIMITE D'ÉLASTICITÉ DE L'ACIER (en MPa)-----> ');
  GotoXY(5,10); Write(' LA PORTEE DE LA POUTRE (en mm) -----> ');
  GotoXY(5,12); Write(' L'ÉPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (mm)----->');
  GotoXY(5,14); Write(' LA LARGEUR DE LA NERVURE Bw (en mm)----->');
  GotoXY(5,16);Write(' ESPACEMENT ENTRE LES AXES DES POUTRES ADJACENTES(mm)->');
  GotoXY(5,18); Write(' DISTANCE LIBRE ENTRE LES POUTRES ADJACENTES (mm)----->');
  GotoXY(5,20); Write(' LE MOMENT PONDÉRÉ (en KN.m) ----->');
  LireReelXY(68,6,1E-10,1E+12,GC);
  LireReelXY(68,7,1E-10,1E+10,FC);
  LireReelXY(68,8,1E-10,599,FY);
  LireReelXY(68,10,1E-10,1E+12,L);
  LireReelXY(68,12,1E-10,1E+12,HF);
  LireReelXY(68,14,1E-10,1E+12,B);
  LireReelXY(68,16,1E-10,1E+12,E);
  LireReelXY(68,18,1E-10,(E-1),EN);
  LireReelXY(68,20,-1E+10,1E12,MFO);
  REPEAT
  GotoXY(15,23); CLREOL; HighVideo;
  CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS?(O/N)',23);
  NormVideo;
  Until ReponseValide;
  Until Not OUI; MF := ABS(MFO);
End;

PROCEDURE C_30_2D ;
Begin
  ClrScr;
  REPEAT
  CentrageMessage('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES',3);
  GotoXY(5,6 ); Write(' DENSITE DU BETON (Béton Normal:2400Kg/m3) ----->');
  GotoXY(5,8 ); Write(' LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (en MPa)----->');
  GotoXY(5,10 );Write(' LA LIMITE D'ÉLASTICITÉ DE L'ACIER (en MPa)----->');
  GotoXY(5,12); Write(' LA PORTEE DE LA POUTRE (en mm) ----->');
  GotoXY(5,14); Write(' L'ÉPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en mm)----->');
  GotoXY(5,16); Write(' LA LARGEUR DE LA NERVURE Bw (en mm)----->');
  GotoXY(5,18); Write(' LA LARGEUR EFFECTIVE B (en mm) ----->');
  GotoXY(5,20); Write(' LE MOMENT PONDÉRÉ (en KN.m) ----->');
  LireReelXY(65,6,1E-10,1E+12,GC);
  LireReelXY(65,8,1E-10,1E+10,FC);
  LireReelXY(65,10,1E-10,599,FY);
  LireReelXY(65,12,1E-10,1E+12,L);
  LireReelXY(65,14,1E-10,1E+12,HF);
  LireReelXY(65,16,1E-10,1E+12,B);
  LireReelXY(65,18,1E-10,1E+12,BTOT);
  LireReelXY(65,20,-1E+10,1E12,MFO);
  REPEAT
  GotoXY(15,23);CLREOL;
  HighVideo;
  CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS?(O/N)',23);
  NormVideo;
  Until ReponseValide;
  Until Not OUI; MF := ABS(MFO);
End;

```

```

PROCEDURE C_30_1D;
BEGIN
  HF1:=B/2; BCD:=4*B;
  If HF<HF1 then
    Begin
      CLRSCR; GotoXY(5,15);ReverseVideo(True);
      Write('L'EPAISSEUR Hf DE LA TABLE DOIT ETRE >=Bw/2, REPRENEZ :');
      ReverseVideo(False); Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
      C_30_2D;
    End
  Else
    Begin
      If BTOT>BCD Then
        begin
          CLRSCR; GotoXY(5,15);ReverseVideo(True);
          Write('LA LARGEUR EFFECTIVE B DOIT ETRE <= 4*Bw , REPRENEZ :');
          ReverseVideo(False); Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
          C_30_2D;
        end;
      End;
    END;
PROCEDURE C_30_1_0;
BEGIN
  If B1<=B2 Then
    Begin
      IF B1<=B3 Then Begin BTOT:=B1; EXIT; End
      Else BEGIN BTOT:=B3; EXIT ; END;
    End
  ELSE
    Begin
      If B2<=B3 Then Begin BTOT:=B2; EXIT ; End
      Else Begin BTOT:=B3; EXIT ; End;
    End;
  END;
PROCEDURE C_30_1A;
BEGIN
  B1:=0.4*L; B2:=24*HF+B; B3:=E;C_30_1_0;
END;
PROCEDURE C_30_1B;
BEGIN
  B1:=0.25*L; B2:=24*HF+B; B3:=E; C_30_1_0 ;
END;
PROCEDURE C_30_1C;
BEGIN
  B1:=(L/12)+B; B2:=6*HF+B; B3:=B+0.5*EN; C_30_1_0 ;
END;
PROCEDURE C_30_1;
VAR
  KEY :INTEGER;
BEGIN
  ClrScr;
  Cadre(12,10,23,70,'B',2,14);
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(12,13); Write('1. POUTRE SYMETRIQUE EN TÉ SIMPLEMENT APPUYÉE ');
  GotoXY(12,15); Write('2. POUTRE SYMETRIQUE EN TÉ , CONTINUE ');
  GotoXY(12,17); Write('3. POUTRE EN FORME DE < L > RENVERSÉE ');
  GotoXY(12,19); Write('4. POUTRE ISOLÉE ');
  GotoXY(12,21); Write('5. RETOUR AU MENU ');
  ReverseVideo(False);
  CentreMessage('ANNONCER VOTRE CAS --> (1, 2,3,4 ou 5) ',24);
  LireEntierXY(68,24,1,5,Key);
  Delay(600);
  CASE Key OF

```

```

1: BEGIN
    C_30_2ABC;
    C_30_1A;
    DENO:=16;
END;
2: BEGIN
    C_30_2ABC;
    C_30_1B;
    DENO:=21;
END;
3: BEGIN
    C_30_2ABC;
    C_30_1C;
    DENO:=18.5;
END;
4: BEGIN
    C_30_2D;
    C_30_1D;
    DENO:=16;
END;
5: HALT;
END; ( Du CASE Key OF )
END;

PROCEDURE C_32_2;
Begin
    AS:=((0.6*FC*B*A)+(0.6*FC*(BTOT-B)*HF))/FY ; ASBD:=AS ;
End;

PROCEDURE C_32_1 ;
Begin
    COEFA2:=(0.51*FC*B)/2 ;
    COEFA1:=(-0.51*FC*B*D);
    COEFA0:=(MF*1E+6)-(0.51*FC*HF*(BTOT-B)*(D-HF/2));
    DELTA:=sqr(COEFA1)-(4*COEFA2*COEFA0) ;
    IF DELTA<0
        Then
            Begin
                ClrScr;GotoXY(5,15);ReverseVideo(True);
Write('ON DOIT ARMER CETTE POUTRE EN TÉ DOUBLEMENT AVEC CES DIMENSIONS ,');
                REVERSEVIDEO(False);
                GotoXY(5,16);ReverseVideo(True);
Write(' CE N'EST PAS PRÉVU DANS CE LOGICIEL ;   MERCI. ');
                Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;   HALT;
            End
        Else
            BEGIN
                A1:=(-COEFA1-(sqrt(DELTA)))/(2*COEFA2);
                A2:=(-COEFA1+(sqrt(DELTA)))/(2*COEFA2);
                If A1<=0 Then A:=A2
                Else
                    Begin
                        If A2<=0 Then A:=A1
                        Else
                            If A1<=A2 THEN A:=A1
                            Else A:=A2 ;
                    end;
                end;
            END;
PROCEDURE PC_MINI_MAX_ACIER_TE;
BEGIN
    ROMINI:=(0.6*FC*BTOT*HF)/(FY*B*D);
    ROF:=(0.6*FC*(BTOT-B)*HF)/(FY*B*D);
    ROBBA:=(0.6*B1*FC*600)/((600+FY)*FY);
    ROB:=ROBBA+ROF;
END;

```

```

PROCEDURE CALCUL_MOMENT_RESISTANT_TE;
BEGIN
  ANV:=((AR*FY)-(0.6*FC*(btot-B)*HF))/(0.6*FC*B);
  MR:=(((0.85*0.6*FC*B*ANV)*(D-ANV/2))+((0.85*0.6*FC)*(BTOT-B)*HF*(D-HF/2)))*1E-6;
END;
PROCEDURE C_4_2_SA;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10, 7); Write(' ');
  GotoXY(10, 8); Write(' ');
  GotoXY(10, 9); Write(' ');
  GotoXY(10,10); Write(' ');
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(2,12); Write(' ');
  GotoXY(2,13); Write(' ');
  GotoXY(2,14); Write(' ');
  GotoXY(2,15); Write(' ');
  GotoXY(2,16); Write(' ');
  GotoXY(2,17); Write(' ');
  GotoXY(2,18); Write(' ');
  GotoXY(2,19); Write(' ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(55,13); Write(B :10:3);
  GotoXY(55,14); Write(BTOT :10:3);
  GotoXY(55,15); Write(MFO :10:3);
  GotoXY(55,16); Write(AS :10:3);
  GotoXY(55,17); Write(D :10:3);
  GotoXY(55,18); Write(HF :10:3);
  ReverseVideo(False);
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;
PROCEDURE Impression_TE_UNI;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10, 7); Write(' ');
  GotoXY(10, 8); Write(' ');
  GotoXY(10, 9); Write(' ');
  GotoXY(10,10); Write(' ');
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(2,12); Write(' ');
  GotoXY(2,13); Write(' ');
  GotoXY(2,14); Write(' ');
  GotoXY(2,15); Write(' ');
  GotoXY(2,16); Write(' ');
  GotoXY(2,17); Write(' ');
  GotoXY(2,18); Write(' ');
  GotoXY(2,19); Write(' ');
  GotoXY(2,20); Write(' ');
  GotoXY(2,21); Write(' ');
  GotoXY(2,22); Write(' ');
  GotoXY(2,23); Write(' ');
  GotoXY(2,24); Write(' ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(55,13); Write(B :10:3);
  GotoXY(55,14); Write(BTOT :10:3);
  GotoXY(55,15); Write(MFO :10:3);
  GotoXY(55,16); Write(AS :10:3);
  GotoXY(55,17); Write(AR :10:3);
  GotoXY(55,18); Write(D0 :10:3);
  GotoXY(55,19); Write(N :10:0);
  GotoXY(55,20); Write(D :10:3);
  GotoXY(55,21); Write(MR :10:3);
  GotoXY(55,22); Write(HF :10:3);
  GotoXY(55,23); Write(NLIT :10);
  ReverseVideo(False);
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

```

```

  POUTRE EN TE SIMPLEMENT ARMÉE
  RÉSULTATS FINALS.

```

```

  Largeur Bw de la Nervure (en mm) =
  Largeur Effective B (en mm) =
  Moment de design (en KN.m) =
  Section d'acier nécessaire (en mm²) =
  Hauteur utile D (en mm) =
  Epaisseur de la Table (en mm) =

```

```

  POUTRE EN TE SIMPLEMENT ARMÉE
  RÉSULTATS FINALS.

```

```

  Largeur Bw de la Nervure (en mm) =
  Largeur Effective B (en mm) =
  Moment de design (en KN.m) =
  Section d'acier nécessaire (en mm²) =
  Armature choisie (en mm²) =
  Diamètres de barres (en mm) =
  Nombre de barres =
  Hauteur utile D (en mm) =
  Moment résistant (en KN.m) =
  Epaisseur de la Table (en mm) =
  NOMBRE DE LITS =

```

```

PROCEDURE Impression_TE_DIF;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10, 5); Write(' ');
  GotoXY(10, 6); Write(' POUTRE EN TE SIMPLEMENT ARMÉE ');
  GotoXY(10, 7); Write(' RÉSULTATS FINALS. ');
  GotoXY(10, 8); Write(' ');
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(2,10); Write(' ');
  GotoXY(2,11); Write(' Largeur Bw de la Nervure (en mm) = ');
  GotoXY(2,12); Write(' Largeur Effective B (en mm) = ');
  GotoXY(2,13); Write(' Moment de design (en KN.m) = ');
  GotoXY(2,14); Write(' Section d'acier nécessaire (en mm²) = ');
  GotoXY(2,15); Write(' Armature choisie (en mm²) = ');
  GotoXY(2,16); Write(' Nombre total des barres = ');
  GotoXY(2,17); Write(' Plus grand diamètre de barre (en mm) = ');
  GotoXY(2,18); Write(' Nombre de barres de plus grand φ = ');
  GotoXY(2,19); Write(' Plus petit diamètre de barre (en mm) = ');
  GotoXY(2,20); Write(' Nombres de barres de plus petit φ = ');
  GotoXY(2,21); Write(' Hauteur utile D (en mm) = ');
  GotoXY(2,22); Write(' Moment résistant MR (en KN.m) = ');
  GotoXY(2,23); Write(' NOMBRE DE LITS = ');
  GotoXY(2,24); Write(' ');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(55,11); Write(B :10:3);
  GotoXY(55,12); Write(BTOT :10:3);
  GotoXY(55,13); Write(MFO :10:3);
  GotoXY(55,14); Write(AS :10:3);
  GotoXY(55,15); Write(AR :10:3);
  GotoXY(55,16); Write(N :10:0);
  GotoXY(55,17); Write(D1 :10:3);
  GotoXY(55,18); Write(N1 :10:0);
  GotoXY(55,19); Write(D2 :10:3);
  GotoXY(55,20); Write(N2 :10:0);
  GotoXY(55,21); Write(D :10:3);
  GotoXY(55,22); Write(MR :10:3);
  GotoXY(55,23); Write(NLIT :10 );
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  ReverseVideo(False); HALT;
END;
PROCEDURE C_4_2;
VAR
  KEY :INTEGER;
BEGIN
  CLRSCR; Cadre(12,10,20,70,'B',2,14);
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(12,13);Write('1. VOUS VOULEZ DETERMINEZ LE NOMBRE DE BARRES ');
  GotoXY(12,15);Write('2. VOUS DESIREZ ARRETER LE DIMENSIONNEMENT A CE NIVEAU');
  ReverseVideo(False);
  CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX --> (1 OU 2) ',18);
  LireEntierXY(68,18,1,2,Key); Delay(600);
  CASE Key OF
    2: BEGIN
      C_4_2_SA; HALT;
    END;
    1: BEGIN
      H_1_ESPACEMENT; RO:=AS/(B*D);
      VERIF_DU_PC_RODO RUPTURE_DUCTILE(RODO);
      CALCUL_MOMENT_RESISTANT_TE;
      C_13_2_DUCTILITE;
      If DDOLLAR IN ['O','O'] Then IMPRESSION_TE_UNI
      ELSE IMPRESSION_TE_DIF;
      HALT;
    END;
  END;
END;
END;

```

```

PROCEDURE C_31;
BEGIN
MREF:=(0.51*FC*BTOT*HF)*(D-HF/2)*1E-6 ;
IF MF<=MREF THEN
  Begin
  Clrscr;GotoXY(10,15);ReverseVideo(True);
  Write('      ON PEUT ARMER COMME POUTRE RECTANGULAIRE      ');
  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    Calcul_PC_MINI_MAX_ACIER(FY,FC,B1,ROBBA,ROMINI,KRMINI,KRMAX);
    ROMINI:=(1.4*B)/(FY*BTOT);
    ROBBA:=(0.6*B1*FC*600)/((600+FY)*FY); DDOLLAR:='N';
    krmini:=0.85*fy*romini*(1-(romini*fy)/(1.2*fc));
    krmax:=0.85*fy*robba*(1-(robba*fy)/(1.2*fc));
    BTEMP:=B ; B:=BTOT ;
    CALCUL_ACIER_B_et_D_CONNUES(kr,ro,asbd);
    B:=BTEMP;
    AFFICHAGE_APRES_CALCUL_D_ARMATURE(ASBD);
    H_1_ESPACEMENT; B:=BTOT;
    VERIF_DU_PC_RODO_RUPTURE_DUCTILE(RODO);
    C_13_2_DUCTILITE;
    B:=BTOT; CALCUL_du_MOMENT_RESISTANT(A1,A,MR);
    IF DDOLLAR IN ['O','o'] THEN
      C_17_D_IMPRESSION
    Else C_17_I_IMPRESSION;
  END
  ELSE
  BEGIN
    PC_MINI_MAX_ACIER_TE;
    C_32_1;
    C_32_2;
    C_4_2;
  End;
  END;
END;

PROCEDURE PRINCIPAL_4_TE;
BEGIN
TE:=TRUE;
C_30_1;
CALCUL_DE_HMINI(HMINI);ClrScr;GotoXY(10,10);
ReverseVideo(True);
Write('HAUTEUR MINIMALE TOTALE (en mm) = ',HMINI:10:2);
GotoXY(10,15);Write('ENTREZ LA HAUTEUR UTILE D (en mm) ');
REVERSEVIDEO(False);
LireReel(XY(70,15,1,1E+10,D));
C_31;
END;

BEGIN
  PRINCIPAL_4_TE;
END.

```

```

USES Crt,Printer,Punit1,Punit2;
VAR
MG,MM,MD,DOG,NG,NLITG,D1G,D2G,N1G,N2G,DOM,NM,
NLITH,D1M,D2M,N1M,N2M,DOD,ND,NLITD,ASG,ARG,
ASM,ARM,ASD,ARD,D1D,D2D,N2D,N1D
                                :ARRAY[1..10] OF REAL ;

HMINI1,HMINI2,CRM,CRD,CRG,CIG,CIM,CID,WF,LRD,LRM,LRG,
L1,L2,MIG,MIM,MID,MRG,MRM,MRD,LIG,LIM,LID,ZG1,ZG2,
ZG3,ZG,ZGR,ZGI,ZGRAND,LR,LI,DOGR,D2GR,D1GR,DOMR,
DODR,D1MR,D2MR,DOGI,D1GI,D2GI,DOMI,D1MI,D2MI,D1DI,
D2DI,ASGR,ARGR,ARMR,ASDR,ARDR,ASGI,ARGI,ASMI,ASDI,
D1DR,D2DR,DODI,ASMR,ARMI,ARDI,ASMINI,ASMAX
                                : Real;

CK,TRAV,I,OPTION
                                : INTEGER;

NGR,NLITGR,N1GR,NMR,NLITMR,NDR,NLITDR,
N1MR,NLITGI,N1GI,N2GI,NMI,NLITMI,N1MI,
N2MI,N1DI,N2DI,NLITDI,N2GR,N2MR,N1DR,
N2DR,NGI,NDI
                                : Real;

Mot
                                : STRING79;
RIVE,IDENT
                                : Char;

PROCEDURE C_19_C_2;
BEGIN
  ClrScr;
  GotoXY(5,10);Write('1. POUTRE CONTINUE AYANT UNE POUTRE DE RIVE .');
  GotoXY(5,12);Write('2. POUTRE CONTINUE AYANT UN POTEAU OU MUR DE RIVE .');
  GotoXY(25,14);Write('FAITES VOTRE CHOIX----->(1 ou 2)');
  LireEntierXY(65,14,1,2,ck);
  If ck=1 then
    Begin
      RIVE:='P' ;CRG:=-1/24 ;
    End
  ELSE
    Begin
      RIVE:='M' ;CRG:=-1/16;
    End;
  BEGIN
  CRM:=1/14 ; CRD:=-1/9;
  END;
  END; {Fin procedure }

PROCEDURE C_20_2_C;
Begin
  ClrScr; ReverseVideo(True);
  GotoXY(10,3); Write('TAPER I SI LES DEUX TRAVÉES SONT IDENTIQUES
                                SI NON AUTRE TOUCHE');

  (* Repeat*)
  GotoXY(75,3);
  Write(' ');
  GotoXY(75,3);
  IDENT:=ReadKey;
  (* Write(Chr(127));*)
  (* Until UpCase(IDENT)='I';*)
  (* IF (UpCase(IDENT)='I') Then*)
  IF ((IDENT='I') OR (IDENT='i')) THEN
    Begin
      GotoXY(10,6); Write('PLUS GRANDE PORTÉE ENTRE AXES (en mm) ');
      LireReelXY(69,6,1E-10,1E+10,L1);
      ReverseVideo(True);GotoXY(5,8);
      Write('ENTREZ LA PORTÉE AUX NUS D''APPUI D''UNE TRAVÉE (en mm) ');
      ReverseVideo(False);
      LireReelXY(69,8,1E-10,(L1-1),LR);
      C_19_C_2;
    End
  ELSE

```

```

BEGIN
Repeat
GotoXY(10,12);Write('PLUS GRANDE PORTÉE ENTRE AXES (en mm) ');
GotoXY(10,14);Write('LA PORTÉE AUX NUS D'APPUI DE LA PREMIERE TRAVEE (mm)');
GotoXY(10,16);Write('LA PORTÉE AUX NUS D'APPUI DE LA SECONDE TRAVEE (mm) ');
LireReelXY(73,12,1E-10,1E+10,L1);
LireReelXY(73,14,1E-10,(L1-1),LR);
LireReelXY(73,16,1E-10,(L1-1),LI);
HighVideo; Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
NormVideo;
REPEAT
GotoXY(1,23);ClrEol;
CentrageMessage(Mot,9);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL Not OUI;
C_19_c_2; CIG:=CRD ; CIM:=CRM; CID:=CRG;
END;
Repeat
GotoXY(5,18); Write('LA CHARGE UNIFORMEMENT RÉPARTIE (en KN/m) -----> ');
GotoXY(5,19); Write('LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (en MPa)-----> ');
GotoXY(5,20); Write('LA LIMITE D'ELASTICITE DE L'ACIER (en MPa)-----> ');
GotoXY(5,21); Write('LA DENSITÉ DU BÉTON(BÉTON NORMAL 2400Kg/m3)-----> ');
LireReelXY(69,18,1E-10,1E+10,WF);
LireReelXY(69,19,1E-10,1E+10,FC);
LireReelXY(69,20,1E-10,599,FY);
LireReelXY(69,21,1E-10,1E+10,GC);
HighVideo;
Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
NormVideo;
REPEAT
GotoXY(1,23);ClrEol;
CentrageMessage(Mot,23);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL Not OUI;
DENO:=18.5 ; L:=L1 ;
CALCUL_DE_HMINI(HMINI);
END;
PROCEDURE C_18_2;
BEGIN
DENO:=18.5 ;L:=L1 ;
CALCUL_DE_HMINI(hmini);
HMINI1:=HMINI;
DENO:=21;
L:=L2;
CALCUL_DE_HMINI(hmini);
HMINI2:=HMINI;
If HMINI1>HMINI2 THEN HMINI:=HMINI1
ELSE HMINI:=HMINI2 ;
END;
PROCEDURE C_19_C_1;
BEGIN ClrScr;
GotoXY(5,10);Write('1. POUTRE CONTINUE AYANT UNE POUTRE DE RIVE .');
GotoXY(5,12);Write('2. POUTRE CONTINUE AYANT UN POTEAU OU MUR DE RIVE .');
GotoXY(25,14);Write('FAITES VOTRE CHOIX----->(1 ou 2)');
LireEntierXY(65,14,1,2,ck);
If ck=1 then
Begin
RIVE:='P' ;CRG:=-1/24 ;
End
ELSE
Begin
RIVE:='M' ;CRG:=-1/16;
End;
BEGIN
CRM:=1/14 ; CRD:=-1/10 ;CIG:=-1/11 ;CIM:=1/16 ; CID:=-1/11 ;
END;
END; (Fin de la procedure )

```

```

PROCEDURE C_19_D_1;
  BEGIN
    MRD:=CRD*WF*(sqr(LRD))*1E-6;
    MRG:=CRG*WF*(sqr(LRG))*1E-6;
    MRM:=CRM*WF*(sqr(LRM))*1E-6;
  END;
PROCEDURE C_19_D_2;
  BEGIN
    MID:=CID*WF*(sqr(LID))*1E-6;
    MIG:=CIG*WF*(sqr(LIG))*1E-6;
    MIM:=CIM*WF*(sqr(LIM))*1E-6;
  END;
PROCEDURE C_19_D;
  BEGIN
    C_19_D_1;
    C_19_D_2;
  END;
PROCEDURE C_19_G_1;
  BEGIN
    If ZG1<ZG2 THEN
      If ZG2<ZG3 THEN
        Begin ZG:=ZG3; EXIT; End
      ELSE
        Begin ZG:=ZG2; EXIT; End
      ELSE
        If ZG1<ZG3 THEN
          Begin ZG:=ZG3; EXIT; END
        ELSE
          BEGIN ZG:=ZG1; EXIT; End;
    END;(Fin de procedure )

```

```

PROCEDURE C_19_G;
  BEGIN
    ZG1:=abs(MRG);
    ZG2:=abs(MRM);
    ZG3:=abs(MRD);
    C_19_G_1;
    ZGR:=ZG;
    ZG1:=abs(MIG);
    ZG2:=abs(MIM);
    ZG3:=abs(MID);
    C_19_G_1;
    ZGI:=ZG;
    If ZGR>=ZGI THEN ZGRAND:=ZGR
      ELSE
        ZGRAND:=ZGI;
  END;

```

```

PROCEDURE C_20_1_C;
  BEGIN
    CLRSCR;
    REPEAT
      GotoXY(10,3); WRITE('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES :');
      GotoXY(5,6); Write('CHARGE TOTALE PONDÉRÉE (EN KN/m) ----->');
      GotoXY(5,8 ); Write('RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (EN MPa )----->');
      GotoXY(5,10);Write('CONTAINTE DE L'ACIER (EN MPa) ----->');
      GotoXY(5,12); Write('MASSE VOLUMIQUE DU BÉTON(béton Normal:2400kg/m3)-----> ');
      GotoXY(5,14); Write('PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE DE RIVE (EN mm)----->');
      GotoXY(5,16); Write('PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE INTÉRIEURE (EN mm)----->');
      GotoXY(5,18); Write('PORTÉE AUX NUS DES APPUIS DE LA TRAVÉE DE RIVE (mm)-->');
      GotoXY(5,20);Write('PORTÉE AUX NUS DES APPUIS DE LA TRAVÉE INTÉRIEURE(mm)->');
      LireReelXY(70, 6,1E-4,1E+10,WF);
      LireReelXY(70, 8,1E-4,1E+10,FC);
      LireReelXY(70,10,1E-4,599,FY);
      LireReelXY(70,12,1E-4,1E+10,GC);
    UNTIL FALSE;
  END;

```

```

LireReelXY(70,14,1E-4,1E+10,L1);
LireReelXY(70,16,1E-4,1E+10,L2);
LireReelXY(70,18,1E-4,(L1-1),LR);
LireReelXY(70,20,1E-4,(L2-1),LI);
HighVideo;
Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
NormVideo;
REPEAT
  GotoXY(1,23);ClrEol;
  CentrageMessage(Mot,23);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL Not OUI;
C_18_2;
C_19_C_1;
If TRAV>3 Then LID:=LI
  Else LID:=(LR+LI)/2 ;
BEGIN
  LRG:=LR; LRM:=LR ; LRD:=(LR+LI)/2 ;
  LIG:=(LR+LI)/2 ;LIM:=LI;
END;
  C_19_D ;
END;

PROCEDURE C_20_1_A ;
BEGIN
  ASMINI:=ROMINI*B*D ;ASMAX:=ROBBA*B*D ;

  ClrScr;
  ReverseVideo(True);

  WRITELn('LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT :');
  ReverseVideo(False);
  HighVideo;
  WRITELn;
  WRITELn('LARGEUR B (en mm)           =',B:10:3);
  WRITELn('HAUTEUR UTILE D (en mm)         =',D:10:3);
  WRITELn('HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm)=',HMINI:10:3);
  WRITELn;
  WRITELn('ARMATURE MINIMALE (en mm²)      =',ASMINI:10:3);
  WRITELn('ARMATURE MAXIMALE (en mm²)      =',ASMAX:10:3);

  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  NORMVIDEO;
  END;

  PROCEDURE rappels_enrobage_MODIFIE;
  VAR CH :CHAR ;

  BEGIN
    clrscr;
    highvideo;
    mot:='RAPPELS IMPORTANTS:';
    CentrageMessage(mot,10);
    mot:='RÉSUMÉ DES NORMES SUR L'ENROBAGE MINIMAL (CAN3M84)';
    CentrageMessage(mot,11);
    GotoXY(5,13);Write('1. POUTRES ET POTEAUX----->40mm');
    GotoXY(5,14);Write('2. DALLES MURS ET DALLES NERVURÉES----->20mm');
    GotoXY(5,15);Write('3. BÉTON MIS EN PLACE DIRECTEMENT SUR LE SOL-->75mm');
    normvideo;

    REPEAT
      CLS(17,20);
    NormVideo;
    GotoXY(10,17);Write('Entrez Enrobage (en mm)');

```

```

GotoXY(10,18);Write('Entrez le Diamètre des étriers (en mm)');
GotoXY(10,19);Write('Entrez le Diamètre des Gros Granulats (en mm)');
lirereelxy(65,17,0.20,10000,enro);
lirereelxy(65,18,1E-10,10000,de);
lirereelxy(65,19,1E-10,1E+4,dmax);
highvideo;
REPEAT
  GotoXY(1,20);clrEOL;
  CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS (O/N) ',20);
  UNTIL reponsevalide;
NormVideo;
UNTIL NOT OUI;
END;

PROCEDURE CALCUL_ESPACEMENT_REEL_MODIFIE;
BEGIN
  If N=1 Then
    Begin
      If (b-2*enro-2*de-n*d0) >0 Then
        begin espa:=100 ; DMAX1:=(4*dmax)/3 ; exit; end;
      END;
      ESPA:=(b-2*enro-2*de-n*d0)/(n-1);
      DMAX1:=(4.0*dmax)/3;
    END;(fin de la PROCEDURE)
END;

PROCEDURE H_2_Espacement_MODIFIE;
BEGIN
  ClrScr;
  Gotoxy(10,5);Write('Section d''acier (en mm²)=' ,asbd:10:3);
  Choix_des_Diametres(ddollar);
  Calcul_Espacement_Reel_MODIFIE;
  Verif_Espacement_Sur_Un_Lit(espa,d0,dmax1,htot,nlit);
  IF ESPA < DMAX1 THEN
    REPEAT
      VERIF_ESPACEMENT;
    UNTIL ((ESPA >=DMAX1) AND (ESPA >=D0) AND (ESPA >= 25));
  END;
END;

PROCEDURE C_20_1_D;
BEGIN
  ClrScr; ReverseVideo(True);
  GotoXY(10,10);Write('ENTREZ LA LARGEUR B(en mm)');
  LireReelXY(50,10,1E-10,1E+10,B);
  ReverseVideo(False);
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(10,15);Write('LA HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) =' ,HMINI:10:3);
  ReverseVideo(False); Repeat Until Barre_Espacement;
  Hauteur_Totale_OU_Utile;
END;

PROCEDURE C_20_6_2;
BEGIN
  C_20_2_C;
  If ((IDENT='I') OR (IDENT='i')) Then
    BEGIN
      LRG:=LR; LRM:=LR; LRD:=LR;
      C_19_D_1;
    END
  ELSE
    BEGIN
      LRG:=LR; LRM:=LR; LRD:=(LR+LI)/2; LIG:=(LR+LI)/2 ; LIM:=LI; LID:=(LR+LI)/2 ;
      C_19_D;
    END;
  C_20_1_D;
END;

```

```

PROCEDURE H_2_3;

  BEGIN

    clrscr;highvideo;
    Mot:='TAPEZ (P) SI VOUS AVEZ TENU COMPTE DU POIDS PROPRE DE LA POUTRE';
      CentrageMessage(mot,5);
      mot:='DANS LE CALCUL DU MOMENT SI NON UNE AUTRE TOUCHE';
      CentrageMessage(mot,7); Normvideo;
      GotoXY(68,7);
      pdollar:=ReadKey;
      Begin
        IF ((pdollar <>'P')AND(pdollar<>'p')) THEN
          MF:=ABS(ZGRAND)*1.1;
        End;
        MF:=ABS(ZGRAND);
        Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
        ClrScr;
        mot:='HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) à RESPECTER= ';
        CentrageMessage(mot,10);
        ReverseVideo(true);
        GotoXY(62,10); Write(hmini:12:3); REPEAT UNTIL Barre_Espacement; {DELAY(4000);}
        ReverseVideo(false);
        choix_pc_acier(ro,kr,bd2); ClrScr;
      Begin
        GOTOXY(5,10);Write('1. VOUS AVEZ DES VALEURS DE LA LARGEUR B à ESSAYER');
        GOTOXY(5,12);Write('2. VOUS VOULEZ QU'ON VOUS PROPOSE DES DIMENSIONS');
        CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX ----->(1 OU 2): ',14);
        LireEntierXY(70,14,1,2,ck);

        IF Ck=2 THEN
          Begin
            B:=exp(1/3*ln(BD2/sqr(1.75)));
            D:= sqrt(BD2/B);
            ASBD:=ro*B*D; ClrScr;ReverseVideo(True);
            GotoXY(10,10); Write('LARGEUR PROPOSÉE B (en mm) = ',b:10:2);
            GotoXY(10,12); Write('HAUTEUR UTILE PROPOSÉE D (en mm)=',D:10:2);
            ReverseVideo(False);
            REPEAT;
            HIGHVIDEO;
            CentrageMessage('ENTREZ LES VALEURS ARRONDIES QUE VOUS RETENEZ : ',15);
            GotoXY(15,18);Write('LARGEUR B (en mm) ');
            GotoXY(15,20);Write('HAUTEUR UTILE D (en mm)');
            LireReelXY(55,18,1E-4,1E+10,B);
            LireReelXY(55,20,1E-4,1E+10,D); ASBD:=RO*B*D;
            Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
            NormVideo;
            REPEAT
              GotoXY(1,23);ClrEol;
              CentrageMessage(Mot,23);
            UNTIL ReponseValide;
            UNTIL not OUI;
            End
          ELSE
            Begin
              dimensions_poutre_section_acier(B,D,RAP,ASBD,RO);
            End;
            ClrScr; ReverseVideo(True);
            CentrageMessage('CALCUL D'ACIER POUR LE PLUS GRAND MOMENT A PARTIR DE CES DIMENSIONS',15);
            ReverseVideo(False); Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
            H_1_ESPACEMENT;
            H_3_HAUTEUR_TOTALE;
            C_20_1_A;
          END;
        END;
      END;
  END;

```

```

PROCEDURE C_20_2_D;
Begin
  IF ((IDENT = 'I') OR (IDENT='i')) Then
    Begin
      LRG := LR;
      LRM := LR;
      LRD := LR;
      C_19_D_1;
      ZG1:=abs(MRG); ZG2:=abs(MRM); ZG3:=abs(MRD);
      C_19_G_1; ZGRAND:=ZG;
    End
  ELSE
    Begin
      LRG := LR;
      LRM := LR;
      LRD := (LR+LI)/2;
      LIG := (LR+LI)/2;
      LIM := LI;
      LID := (LR+LI)/2;
      C_19_D;
      C_19_G
    End;
  H_2_3;
End; { Fin de la procedure }

```

```

PROCEDURE C_20_2;
Begin
  C_20_2_C; C_20_2_D;
End;

```

```

PROCEDURE C_20_1;
BEGIN
  C_20_1_C;
  C_19_g;
  H_2_3;
  C_20_1_A;
END;

```

```

PROCEDURE H_5_1;
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DOGR:=DO; NGR:=N; NLITGR:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1GR:=D1 ;D2GR:=D2 ;N1GR:=N1;
      N2GR:=N2 ;NGR:=N ;NLITGR:=NLIT;
    END;
  END;

```

```

PROCEDURE H_5_2;
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DOMR:=DO; NMR:=N; NLITMR:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1MR:=D1 ;D2MR:=D2 ;N1MR:=N1;
      N2MR:=N2 ;NMR:=N ;NLITMR:=NLIT;
    END;
  END;

```

PROCEDURE H_5_3;

```
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DDDR:=D0; NDR:=N; NLITDR:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1DR:=D1 ;D2DR:=D2 ;N1DR:=N1;
      N2DR:=N2 ;NDR:=N ;NLITDR:=NLIT;
    END;
  END;
```

PROCEDURE H_5_4;

```
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DOGI:=D0; NGI:=N; NLITGI:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1GI:=D1 ;D2GI:=D2 ;N1GI:=N1;
      N2GI:=N2 ;NGI:=N ;NLITGI:=NLIT;
    END;
  END;
```

PROCEDURE H_5_5;

```
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DOMI:=D0; NMI:=N; NLITMI:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1MI:=D1 ;D2MI:=D2 ;N1MI:=N1;
      N2MI:=N2 ;NMI:=N ;NLITMI:=NLIT;
    END;
  END;
```

PROCEDURE H_5_6;

```
BEGIN
  IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
    Begin
      DDDI:=D0; NDI:=N; NLITDI:=NLIT ;
    END
  ELSE
    BEGIN
      D1DI:=D1 ;D2DI:=D2 ;N1DI:=N1;
      N2DI:=N2 ;NDI:=N ;NLITDI:=NLIT;
    END;
  END;
```

PROCEDURE H_5;

```
BEGIN
  H_2_ESPACEMENT_MODIFIE;
END;
```

```

PROCEDURE C_19_A;
BEGIN

DOGR:=0; NGR:=0; NLITGR:=0 ; D1GR:=0; D2GR:=0; N1GR:=0; N2GR:=0;

DOMR:=0; NMR:=0; NLITMR:=0 ; D1MR:=0; D2MR:=0; N1MR:=0; N2MR:=0;

DODR:=0; NDR:=0; NLITDR:=0 ; D1DR:=0; D2DR:=0; N1DR:=0; N2DR:=0;

Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
ClrScr;ReverseVideo(True);
MOT:='CALCUL DE LA SECTION D'ACIER DE GAUCHE VERS LA DROITE :
      TRAVÉE PAR TRAVÉE';
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE GAUCHE N°1');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
MF:=ABS(MRG);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASGR:=ASBD;
H_5;
H_5_1;
ARGR:=AR;
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT EN TRAVÉE N°1');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
MF:=ABS(MRM);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASMR:=ASBD;
H_5;
H_5_2;
ARMR:=AR;
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE DROITE N°1');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
MF:=ABS(MRD);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASDR:=ASBD;
H_5;
H_5_3;
ARDR:=AR;
END;

```

```

PROCEDURE C_19_B;

```

```

BEGIN

```

```

DOGI:=0; NGI:=0; (NLITGR:=0; ) D1GI:=0; D2GI:=0; N1GI:=0; N2GI:=0;

```

```

DOMI:=0; NMI:=0; NLITMI:=0 ; D1MI:=0; D2MI:=0; N1MI:=0; N2MI:=0;

```

```

DODI:=0; NDI:=0; NLITDI:=0 ; D1DI:=0; D2DI:=0; N1DI:=0; N2DI:=0;

```

```

Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE GAUCHE N°2');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
MF:=ABS(MIG);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASGI:=ASBD;
H_5;
H_5_4;
ARGI:=AR;
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE MILIEU N°2');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;

```

```

MF:=ABS(MIM);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASMI:=ASBD;
H_5;
H_5_5;
ARMI:=AR;
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE DROITE N°2');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
MF:=ABS(MID);
Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
ASDI:=ASBD;
H_5;
H_5_6;
ARDI:=AR;

END;

```

```
PROCEDURE C_20_5_2;
```

```

Begin
  C_20_1_C;
  C_20_1_D;
End;

```

```
PROCEDURE IMPRESSION_2_TRAVEES_IMP;
```

```

BEGIN
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,*****LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:*****);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'  LARGEUR B (en mm)           = ',B:10:3);
  Writeln(LST,'  HAUTEUR UTILE D (en mm)        = ',D:10:3);
  Writeln(LST,'  HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm)= ',HMINI:10:3);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'  ARMATURE MINIMALE (en mm2)     = ',ASMINI:10:3);
  Writeln(LST,'  ARMATURE MAXIMALE (en mm2)    = ',ASMAX:10:3);
  Writeln(LST,'  CHARGE TOTALE PONDEREE (KN/m) = ',WF:8:3 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,**x*x*x  RESULTATS FINALS POUR CHAQUE TRAVEE *x*x*x');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,' APPUI GAUCHE',' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');
  Writeln(LST);
  IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
  Writeln(LST,'COEFFICIENT ', ' '-1/24'' ', ' ', ' '+1/14'' ', ' '-1/9'' ');
  IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
  Writeln(LST,'COEFFICIENT ', ' '-1/16'' ', ' ', ' '+1/14'' ', ' '-1/9'' ');
  Writeln(LST,'PORTÉE Ln(en mm) ', LRG:10:2 , ' ',LRM:10:2 , ' ',LRD:10:2 );
  Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m) ', MRG:10:2 , ' ',MRM:10:2 , ' ',MRD:10:2 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm2) ', ASGR:10:2,' ',ASMR:10:2 ,ASDR:10:2);
  Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm2) ', ARGR:10:2,' ',ARMR:10:2 ,ARDR:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
  Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm) ',DOGR:10:2 ,DOMR:10:2 ,DODR:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES ',NGR:10:0 , NMR:10:0 , NDR:10:0 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');

  Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ', D1GR:10:2, D1MR:10:2, D1DR:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ ', N1GR:10:0, N1MR:10:0,N1DR:10:0 );
  Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ', D2GR:10:2, D2MR:10:2,D2DR:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ ', N2GR:10:0,N2MR:10:0,N2DR:10:0 );
  Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS : ',NLITGR:10:0,NLITMR:10:0,NLITDR:10:0);

```

```

Writeln(LST);
Writeln(LST, '$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

PROCEDURE IMPRESSION_2_TRAVEES;

BEGIN
I:=0;
Repeat
Inc(I);
CLRSCR;
REVERSEVIDEO(True);
Writeln('*****RESULTATS FINALS POUR CHAQUE TRAVEE*****');
REVERSEVIDEO(False);
Writeln(' APPUI GAUCHE', ' EN TRAVEE ', ' APPUI DROIT ');

IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
Writeln('COEFFICIENT ', '-1/24', '+1/14', '-1/9');

IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
Writeln('COEFFICIENT ', '-1/16', '+1/14', '-1/9');
Writeln('PORTÉE Ln(en mm) ', ' ', ' ');
LRG:10:2, ' ', LRM:10:2, ' ', LRD:10:2 );
Writeln('MOMENT (en KN.m) ', ' ', ' ');
MRG:10:2, ' ', MRM:10:2, ' ', MRD:10:2 );
Writeln('ACIER REQUIS(en mm²) ', ' ', ' ');
ASGR:10:2, ' ', ASMR:10:2, ' ', ASDR:10:2);
Writeln('ACIER PREVU(en mm²) ', ' ', ' ');
ARGR:10:2, ' ', ARMR:10:2, ' ', ARDR:10:2);
Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm) ', ' ', ' ');
DOGR:10:2, ' ', DOMR:10:2, ' ', DODR:10:2);
Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES ', ' ', ' ');
NGR:10:0, ' ', NMR:10:0, ' ', NDR:10:0 );
ReverseVideo(True);
Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
ReverseVideo(False);
Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ', ' ', ' ');
D1GR:10:2, ' ', D1MR:10:2, ' ', D1DR:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ ', ' ', ' ');
N1GR:10:0, ' ', N1MR:10:0, ' ', N1DR:10:0 );
Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ', ' ', ' ');
D2GR:10:2, ' ', D2MR:10:2, ' ', D2DR:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ ', ' ', ' ');
N2GR:10:0, ' ', N2MR:10:0, ' ', N2DR:10:0 );
Writeln('NOMBRE DE LITS : ', ' ', ' ');
NLITGR:10:0, ' ', NLITMR:10:0, ' ', NLITDR:10:0);
If I=trav then I:=0;
Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;

ReverseVideo(True);
GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
UNTIL READKEY=#027;
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then IMPRESSION_2_TRAVEES_IMP;
Halt;
END;

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_rive_gauche_IMP;

BEGIN
Writeln(LST);
WRITELn(LST,'*****LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:***');
WRITELn(LST);
WRITELn(LST,'  LARGEUR B (en mm)      =  ',B:10:3);
WRITELn(LST,'  HAUTEUR UTILE D (en mm)   =  ',D:10:3);
WRITELn(LST,'  HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm)=  ',HMINI:10:3);
WRITELn(LST);
WRITELn(LST,'  ARMATURE MINIMALE (en mm2) =  ',ASMINI:10:3);
WRITELn(LST,'  ARMATURE MAXIMALE (en mm2) =  ',ASMAX:10:3);
WRITELn(LST,'  CHARGE TOTALE PONDEREE (KN/m) =  ',WF:8:3 );
WRITELn(LST);
Writeln(LST,'x*x*x*x*xRESULTATS FINALS POUR TRAVEE DE RIVE GAUCHE *x*x*x');
WRITELn(LST);
Writeln(LST,'
  APPUI GAUCHE', ' ' EN TRAVEE ' ' ' APPUI DROIT ');
Writeln(LST);
IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT
'  '-1/24' ' ' '  '+1/14' ' ' ' ' '  '-1/9' ' ');

  IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT
'  '-1/16' ' ' '  '+1/14' ' ' ' ' '  '-1/9' ' ');
Writeln(LST,'PORTÉE Ln(en mm)
  LRG:10:2, ' ' ,LRM:10:2 ,' ' ' ' , LRD:10:2 );
Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m)
MRG:10:2 ,' ' ,MRM:10:2 ,' ' ' ' , MRD:10:2 );
Writeln(LST);
Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm2)
  ASGR:10:2,' ' ,ASMR:10:2 ,' ' ' ' , ASDR:10:2);
Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm2)
  ARGR:10:2,' ' ,ARMR:10:2 ,' ' ' ' , ARDR:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm)
  DOGR:10:2 ,' ' ,DOMR:10:2,' ' ' ' , DODR:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES ',
NGR:10:0 ,' ' ,NMR:10:0 ,' ' ' ' , NDR:10:0 );
WRITELn(LST);
Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');

Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ',
D1GR:10:2,' ' , D1MR:10:2,' ' ' ' , D1DR:10:2);
Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
N1GR:10:0,' ' , N1MR:10:0,' ' ' ' , N1DR:10:0 );
Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
D2GR:10:2,' ' , D2MR:10:2,' ' ' ' , D2DR:10:2);
Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2GR:10:0,' ' , N2MR:10:0,' ' ' ' , N2DR:10:0 );
Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS :
NLITGR:10:0,' ' , NLITMR:10:0,' ' ' ' , NLITDR:10:0);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;
```

```

PROCEDURE IMPRESSION_rive_gauche;

BEGIN
I:=0;
Repeat
Inc(I);
CLRSCR;
REVERSEVIDEO(True);
Writeln('*****RESULTATS FINALS TRAVEE DE RIVE GAUCHE *****');
REVERSEVIDEO(False);
Writeln('
APPUI GAUCHE', ' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');

IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
Writeln('COEFFICIENT
'-1/24' ', ' ', '+1/14' ', ' ', '-1/9' ');

IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
Writeln('COEFFICIENT
'-1/16' ', ' ', '+1/14' ', ' ', '-1/9' ');
Writeln('PORTÉE Ln(en mm)
LRG:10:2, ' ', LRM:10:2, ' ', ' ', LRD:10:2 );
Writeln('MOMENT (en KN.m)
MRG:10:2, ' ', MRM:10:2, ' ', ' ', MRD:10:2 );
Writeln('ACIER REQUIS(en mm²)
ASGR:10:2, ' ', ASMR:10:2, ' ', ' ', ASDR:10:2);
Writeln('ACIER PREVU(en mm²)
ARGR:10:2, ' ', ARMR:10:2, ' ', ' ', ARDR:10:2);
Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm)
DOGR:10:2, ' ', DOMR:10:2, ' ', ' ', DODR:10:2);
Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES '
NGR:10:0, ' ', NMR:10:0, ' ', ' ', NDR:10:0 );
ReverseVideo(True);
Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
ReverseVideo(False);
Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm) '
D1GR:10:2, ' ', D1MR:10:2, ' ', ' ', D1DR:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ '
N1GR:10:0, ' ', N1MR:10:0, ' ', ' ', N1DR:10:0 );
Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm) '
D2GR:10:2, ' ', D2MR:10:2, ' ', ' ', D2DR:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ '
N2GR:10:0, ' ', N2MR:10:0, ' ', ' ', N2DR:10:0 );
Writeln('NOMBRE DE LITS :
NLITGR:10:0, ' ', NLITMR:10:0, ' ', ' ', NLITDR:10:0);
If I=trav then I:=0;
Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;

ReverseVideo(True);
GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
UNTIL READKEY=#027;
REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REponseValide;
IF OUI Then IMPRESSION_rive_gauche_IMP;
END;

```

```
PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE_IMP;
```

```

BEGIN
Writeln(LST);
WRITEln(LST,'*****LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:*****');
Writeln(LST);
WRITEln(LST,'   LARGEUR B (en mm)           = ',B:10:3);
WRITEln(LST,'   HAUTEUR UTILE D (en mm)          = ',D:10:3);
WRITEln(LST,'   HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm)= ',HMINI:10:3);
Writeln(LST);
WRITEln(LST,'   ARMATURE MINIMALE (en mm2)      = ',ASMINI:10:3);
WRITEln(LST,'   ARMATURE MAXIMALE (en mm2)      = ',ASMAX:10:3);
WRITEln(LST,'   CHARGE TOTALE PONDEREE (KN/m)   = ',WF:8:3);
Writeln(LST);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'x*x*x*x RESULTATS FINALS  POUR LA TRAVEE DE RIVE x*x*x*x*x');
Writeln(LST);
Writeln(LST,'
   APPUI GAUCHE', '   EN TRAVEE   ', '   APPUI DROIT ');
Writeln(LST);
IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT
   -1/24', '   +1/14', '   -1/10');
IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT
   -1/16', '   +1/14', '   -1/10');
Writeln(LST,'PORTÉE Ln(en mm)
   LRG:10:2', '   LRM:10:2', '   LRD:10:2 ');
Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m)
   MRG:10:2', '   MRM:10:2', '   MRD:10:2 ');
Writeln(LST);
Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm2)
   ASGR:10:2', '   ASMR:10:2', '   ASDR:10:2);
Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm2)
   ARGR:10:2', '   ARMR:10:2', '   ARDR:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm)
DOGR:10:2', '   DOMR:10:2', '   DODR:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES ',
NGR:10:0', '   NMR:10:0', '   NDR:10:0 ');
Writeln(LST);
Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm)
D1GR:10:2', '   D1MR:10:2', '   D1DR:10:2);
Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
N1GR:10:0', '   N1MR:10:0', '   N1DR:10:0 ');
Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm)
D2GR:10:2', '   D2MR:10:2', '   D2DR:10:2);
Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2GR:10:0', '   N2MR:10:0', '   N2DR:10:0 ');
Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS :
NLITGR:10:0', '   NLITMR:10:0', '   NLITDR:10:0);
Writeln(LST);
Writeln(LST);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE;
  BEGIN
  I:=0;
  Repeat
  Inc(I);
  CLRSCR;
  REVERSEVIDEO(True);
  Writeln('x*x*x*RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE DE RIVEx*x*x*x*x');
  REVERSEVIDEO(False);
  Writeln('
  APPUI GAUCHE', ' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');
  IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
  Writeln('COEFFICIENT
  -1/24'' ', ' ', ' '+1/14'' ', ' ', ' '-1/10'' ');
  IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
  Writeln('COEFFICIENT
  -1/16'' ', ' ', ' '+1/14'' ', ' ', ' '-1/10'' ');
  Writeln('PORTÉE Ln(en mm)
  LRG:10:2, ' ', ' LRM:10:2, ' ', ' LRD:10:2 );
  Writeln('MOMENT (en KN.m)
  MRG:10:2, ' ', ' MRM:10:2, ' ', ' MRD:10:2 );
  Writeln('ACIER REQUIS(en mm²)
  ASGR:10:2, ' ', ' ASMR:10:2, ' ', ' ASDR:10:2);
  Writeln('ACIER PREVU(en mm²)
  ARGR:10:2, ' ', ' ARMR:10:2, ' ', ' ARDR:10:2);
  Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm)
  DOGR:10:2, ' ', ' DOMR:10:2, ' ', ' DODR:10:2);
  Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES
  NGR:10:0, ' ', ' NMR:10:0, ' ', ' NDR:10:0 );
  ReverseVideo(True);
  Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
  ReverseVideo(False);
  Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm)
  D1GR:10:2, ' ', ' D1MR:10:2, ' ', ' D1DR:10:2);
  Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ
  N1GR:10:0, ' ', ' N1MR:10:0, ' ', ' N1DR:10:0 );
  Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm)
  D2GR:10:2, ' ', ' D2MR:10:2, ' ', ' D2DR:10:2);
  Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ
  N2GR:10:0, ' ', ' N2MR:10:0, ' ', ' N2DR:10:0 );
  Writeln('NOMBRE DE LITS :
  NLITGR:10:0, ' ', ' NLITMR:10:0, ' ', ' NLITDR:10:0 );
  If I=trav then I:=0;
  Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;

ReverseVideo(True);
  GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
UNTIL READKEY=#027;
  REPEAT UNTIL Barre_Espacement;
  ClrScr; ReverseVideo(True);
  MOT:=( 'VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
  REPEAT
  GotoXY(1,15); ClrEol;
  CentreMessage(MOT,15); REVERSEVIDEO(False);
  Until REPONSEVALIDE;
  IF OUI Then IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE_IMP;
END;

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE_IMP;

BEGIN
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'          RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE INTERIEURE ');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'
  ' APPUI GAUCHE','          ',' EN TRAVEE ','          ',' APPUI DROIT ');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'COEFFICIENT
  '-1/11'' ','          ',' '+1/16'' ','          ',' '-1/11'' ');
  Writeln(LST,'PORTÉE Ln(en mm)
  LIG:10:2 ','          ',' LIM:10:2 ','          ',' LID:10:2 );

  Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m)
  MIG:10:2 ','          ',' MIM:10:2 ','          ',' MID:10:2 );
  Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm²)
  ASGI:10:2 ','          ',' ASMI:10:2 ','          ',' ASDI:10:2);
  Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm²)
  ARG1:10:2 ','          ',' ARMI:10:2 ','          ',' ARDI:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
  Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm)
  DOGI:10:2 ','          ',' DOMI:10:2 ','          ',' DODI:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES
  NGI:10:0 ','          ',' NMI:10:0 ','          ',' NDI:10:0 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
  Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm)
  D1GI:10:2 ','          ',' D1MI:10:2 ','          ',' D1DI:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ
  N1GI:10:0 ','          ',' N1MI:10:0 ','          ',' N1DI:10:0 );
  Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm)
  D2GI:10:2 ','          ',' D2MI:10:2 ','          ',' D2DI:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ
  N2GI:10:0 ','          ',' N2MI:10:0 ','          ',' N2DI:10:0 );
  Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS :
  NLITGI:10:0 ','          ',' NLITMI:10:0 ','          ',' NLITDI:10:0 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$');
  Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE;
BEGIN
  I:=0;
  Repeat
  Inc(I);
  CLRSCR;
  REVERSEVIDEO(True);
  Writeln('x*x*x*x*xRESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE INTERIEUREx*x*x*x*x');
  REVERSEVIDEO(FALSE);
  Writeln('
  ' APPUI GAUCHE','          ',' EN TRAVEE ','          ',' APPUI DROIT ');
  Writeln('COEFFICIENT
  '-1/11'' ','          ',' '+1/16'' ','          ',' '-1/11'' ');
  Writeln('PORTÉE Ln(en mm)
  LIG:10:2 ','          ',' LIM:10:2 ','          ',' LID:10:2 );
  Writeln('MOMENT (en KN.m)
  MIG:10:2 ','          ',' MIM:10:2 ','          ',' MID:10:2 );
  Writeln('ACIER REQUIS(en mm²)
  ASGI:10:2 ','          ',' ASMI:10:2 ','          ',' ASDI:10:2);
  Writeln('ACIER PREVU(en mm²)
  ARG1:10:2 ','          ',' ARMI:10:2 ','          ',' ARDI:10:2);
  Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm)
  DOGI:10:2 ','          ',' DOMI:10:2 ','          ',' DODI:10:2);

```

```

Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES ',
NGI:10:0,' ', NMI:10:0 ,' ', NDI:10:0 );
ReverseVideo(True);
Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
ReverseVideo(False);
Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ',
D1GI:10:2,' ', D1MI:10:2,' ', D1DI:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
N1GI:10:0,' ', N1MI:10:0,' ', N1DI:10:0 );
Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
D2GI:10:2,' ', D2MI:10:2,' ', D2DI:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2GI:10:0,' ', N2MI:10:0,' ', N2DI:10:0 );
Writeln('NOMBRE DE LITS : ',
NLITGI:10:0,' ', NLITMI:10:0,' ', NLITDI:10:0 );
If I=trav then I:=0;
Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ReverseVideo(True);
GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
UNTIL READKEY=#027;
ClrScr; ReverseVideo(True);
MOT:=( 'VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE_IMP;
HALT;
END;

```

```

PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE_IMP;
BEGIN
Writeln(LST);
Writeln(LST,' RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE DE RIVE DROITE ');
Writeln(LST);
Writeln(LST,'
APPUI GAUCHE', ' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');
Writeln(LST);
IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT ', ' ', '
-1/9'' ', ' ', '+1/14'' ', ' ', '-1/24'' ');
IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
Writeln(LST,'COEFFICIENT ', ' ', '
-1/9'' ', ' ', '+1/14'' ', ' ', '-1/16'' ');
Writeln(LST,'PORTÉE Ln(en mm) ', ' ', '
LIG:10:2 ', ' ', LIM:10:2 ', ' ', LID:10:2 );
Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m) ', ' ', '
MIG:10:2 ', ' ', MIM:10:2 ', ' ', MID:10:2 );
Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm²) ', ' ', '
ASGI:10:2,' ', ASMI:10:2,' ', ASDI:10:2);
Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm²) ', ' ', '
ARGI:10:2,' ', ARMI:10:2,' ', ARDI:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm) ', ' ', '
DOGI:10:2,' ', DOMI:10:2,' ', DODI:10:2);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES ', ' ', '
NGI:10:0,' ', NMI:10:0 ,' ', NDI:10:0 );
Writeln(LST);
Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ', ' ', '
D1GI:10:2,' ', D1MI:10:2,' ', D1DI:10:2);
Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ ', ' ', '
N1GI:10:0,' ', N1MI:10:0,' ', N1DI:10:0 );

```

```

    Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
D2GI:10:2,' ', D2MI:10:2,' ', D2DI:10:2);
    Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2GI:10:0,' ', N2MI:10:0,' ', N2DI:10:0 );
    Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS : ',
NLITGI:10:0,' ', NLITMI:10:0,' ', NLITDI:10:0 );
    Writeln(LST);
    Writeln(LST,'$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$');
    Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
    END;

PROCEDURE IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE;

    BEGIN
    I:=0;
    Repeat
    Inc(I);
    CLRSCR;
    REVERSEVIDEO(True);
    Writeln('x*x*x*x*RESULTATS FINALS POUR LA TRAVEE DE RIVE DROITE x*x*x*x');
    REVERSEVIDEO(False);
    Writeln('
    APPUI GAUCHE', ' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');
    IF((RIVE='P') OR (RIVE='p')) THEN
    Writeln('COEFFICIENT ', ' ');
    '-1/9' ' ', ' '+1/14' ' ', ' '-1/24' ' ');
    IF((RIVE='M') OR (RIVE='m')) THEN
    Writeln('COEFFICIENT ', ' ');
    '-1/9' ' ', ' '+1/14' ' ', ' '-1/16' ' ');
    Writeln('PORTÉE Ln(en mm) ', ' ');
    LIG:10:2,' ', LIM:10:2,' ', LID:10:2 );
    Writeln('MOMENT (en KN.m) ', ' ');
    MIG:10:2,' ', MIM:10:2,' ', MID:10:2 );
    Writeln('ACIER REQUIS(en mm²) ', ' ');
    ASGI:10:2,' ', ASMI:10:2,' ', ASDI:10:2);
    Writeln('ACIER PREVU(en mm²) ', ' ');
    ARG:10:2,' ', ARMI:10:2,' ', ARDI:10:2);
    Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm) ', ' ');
    DOGI:10:2,' ', DOMI:10:2,' ', DODI:10:2);
    Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES ', ' ');
    NGI:10:0,' ', NMI:10:0,' ', NDI:10:0 );
    ReverseVideo(True);
    Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
    ReverseVideo(False);
    Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ',
D1GI:10:2,' ', D1MI:10:2,' ', D1DI:10:2);
    Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
N1GI:10:0,' ', N1MI:10:0,' ', N1DI:10:0 );
    Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
D2GI:10:2,' ', D2MI:10:2,' ', D2DI:10:2);
    Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2GI:10:0,' ', N2MI:10:0,' ', N2DI:10:0 );
    Writeln('NOMBRE DE LITS : ',
NLITGI:10:0,' ', NLITMI:10:0,' ', NLITDI:10:0 );
    If I=trav then I:=0;
    Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;

    ReverseVideo(True);
    GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
    ReverseVideo(False);
    UNTIL READKEY=#027;

    ClrScr; ReverseVideo(True);
    MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
    REPEAT
    GotoXY(1,15); ClrEol;
    CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);

```

```
Until REponseVALIDE;  
IF QUI Then IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE_IMP;  
HALT;  
END;
```

```
PROCEDURE C_20_10_3_A;
```

```
  BEGIN
```

```
  C_20_6_2;
```

```
  rappels_enrobage_MODIFIE;
```

```
    Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
```

```
  IF ((IDENT='I') OR (IDENT='i')) THEN
```

```
    BEGIN
```

```
    C_19_A;
```

```
    C_20_1_A;
```

```
    IMPRESSION_2_TRAVEES;
```

```
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; HALT;
```

```
    END
```

```
  ELSE
```

```
    Begin
```

```
    C_19_A; C_19_B; C_20_1_A;
```

```
    IMPRESSION_RIVE_gauche;
```

```
    IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE;
```

```
    Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
```

```
    END;
```

```
  END;
```

```
PROCEDURE C_20_10_3_B;
```

```
  BEGIN
```

```
  C_20_5_2;
```

```
  rappels_enrobage_MODIFIE;
```

```
    Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
```

```
  C_19_A; C_19_B; C_20_1_A;
```

```
  IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE;
```

```
  IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE;
```

```
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
```

```
  END;
```

```
PROCEDURE C_20_10_4_A;
```

```
  BEGIN
```

```
  C_20_2;
```

```
    Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
```

```
  IF ((IDENT='I') OR (IDENT='i')) Then
```

```
  BEGIN
```

```
  C_19_A;
```

```
  C_20_1_A;
```

```
  IMPRESSION_2_TRAVEES;
```

```
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; HALT;
```

```
  END
```

```
  ELSE
```

```
    Begin
```

```
    C_19_A; C_19_B; C_20_1_A;
```

```
    IMPRESSION_RIVE_GAUCHE;
```

```
    IMPRESSION_TRAVEE_RIVE_DROITE;
```

```

        Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
    END;
END;

PROCEDURE C_20_10_4_B;

    BEGIN
        C_20_1;

        Calcul_pc_mini_max_acier(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);

        C_19_A; C_19_B; C_20_1_A;
        IMPRESSION_TRAVEE_DE_RIVE;
        IMPRESSION_TRAVEE_INTERIEURE;
        Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; HALT;
    END;

PROCEDURE Saisie_MOMENTS_Connus;

    BEGIN
        CLRSCR;
        REPEAT

GotoXY(10,5); WRITE('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES :');
GotoXY(5,8 ); Write('RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (EN MPa)----->');
GotoXY(5,10 );Write('CONTRAINTÉ DE L'ACIER (EN MPa) ----->');
GotoXY(5,12); Write('MASSE VOLUMIQUE DU BÉTON (Béton Normal: 2400Kg/m3)---->');
GotoXY(5,14); Write('GRANDE PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE DE RIVE(mm)---->');
GotoXY(5,16); Write('GRANDE PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE INTÉRIURE(mm)->');
        LireReelXY(70, 8,1E-4,1E+10,FC);
        LireReelXY(70,10,1E-4,599,FY);
        LireReelXY(70,12,1E-4,1E+10,GC);
        LireReelXY(70,14,1E-4,1E+10,L1);
        LireReelXY(70,16,1E-4,1E+10,L2);

        HighVideo;
        Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
        NormVideo;
        REPEAT
            GotoXY(1,20);ClrEol;
            CentrageMessage(Mot,20);
        UNTIL ReponseValide;
    UNTIL Not OUI;
END; {Fin de procedure}

PROCEDURE SAISIE_DES_MOMENTS;

Begin
    ClrScr;
    GotoXY(10,15);Write('ENTREZ LES MOMENTS TRAVÉE PAR TRAVÉE ');
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
        FOR I:=1 to TRAV DO
            BEGIN
                REPEAT
                    ClrScr;
                    GotoXY(10,8);Write('DONNEZ LES MOMENTS (en KN.m) DE LA TRAVÉE N°',I);
                    GotoXY(20,11);Write('A L'APPUI DE GAUCHE:');
                    GotoXY(20,13);Write('EN TRAVÉE      :');
                    GotoXY(20,15);Write('A L'APPUI DE DROITE:');
                    LireReelXY(65,11,-ZGRAND,ZGRAND,MG[I]);
                    LireReelXY(65,13,-ZGRAND,ZGRAND,MM[I]);
                    LireReelXY(65,15,-ZGRAND,ZGRAND,MD[I]);

                    HighVideo;

```

```

Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
NormVideo;
REPEAT
  GotoXY(1,20);ClrEol;
  CentrageMessage(Mot,20);
UNTIL ReponseValide;
UNTIL not OUI;
END;(Fin de FOR)

END;

```

PROCEDURE H_5_G;

```

BEGIN

DOG[I]:=0;NG[I]:=0;NLITG[I]:=0;D1G[I]:=0;D2G[I]:=0;N1G[I]:=0;N2G[I]:=0;

IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
  Begin
    DOG[I]:=D0; NG[I]:=N; NLITG[I]:=NLIT ;
  END
ELSE
  BEGIN
    D1G[I]:=D1 ;D2G[I]:=D2 ;N1G[I]:=N1;
    N2G[I]:=N2 ;NG[I]:=N ;NLITG[I]:=NLIT;
  END;
END;

```

PROCEDURE H_5_M;

```

BEGIN

DOM[I]:=0;NM[I]:=0;NLITM[I]:=0;D1M[I]:=0;D2M[I]:=0;N1M[I]:=0;N2M[I]:=0;

IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
  Begin
    DOM[I]:=D0; NM[I]:=N; NLITM[I]:=NLIT ;
  END
ELSE
  BEGIN
    D1M[I]:=D1 ;D2M[I]:=D2 ;N1M[I]:=N1;
    N2M[I]:=N2 ;NM[I]:=N ;NLITM[I]:=NLIT;
  END;
END;

```

PROCEDURE H_5_D;

```

BEGIN

DOD[I]:=0;ND[I]:=0;NLITD[I]:=0;D1D[I]:=0;D2D[I]:=0;N1D[I]:=0;N2D[I]:=0;

IF (DDOLLAR='O') OR (DDOLLAR='o') THEN
  Begin
    DOD[I]:=D0; ND[I]:=N; NLITD[I]:=NLIT ;
  END
ELSE
  BEGIN
    D1D[I]:=D1 ;D2D[I]:=D2 ;N1D[I]:=N1;
    N2D[I]:=N2 ;ND[I]:=N ;NLITD[I]:=NLIT;
  END;

```

```

END;
END;

PROCEDURE TRAITEMENT;
BEGIN

ClrScr;ReverseVideo(True);
MOT:='CALCUL DE LA SECTION D'ACIER DE GAUCHE VERS LA DROITE :
      TRAVÉE PAR TRAVÉE';
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  FOR I:=1 TO TRAV DO
    BEGIN
ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE GAUCHE N°',I);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  ASBD:=0; ASG[I]:=0;ARG[I]:=0;
  MF:=ABS(MG[I]);
  Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
  ASG[I]:=ASBD;
  H_5;
  H_5_G;
  ARG[I]:=AR;

  ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT EN TRAVÉE N°',I);
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  ASBD:=0;ASM[I]:=0;ARM[I]:=0;
  MF:=ABS(MM[I]);
  Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
  ASM[I]:=ASBD;
  H_5;
  H_5_M;
  ARM[I]:=AR;

  ClrScr;GotoXY(10,15); Write('ACIER POUR MOMENT DE DROITE N°',I);
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  ASBD:=0;ASD[I]:=0;ARD[I]:=0;
  MF:=ABS(MD[I]);
  Calcul_Acier_B_et_D_Connues(kr,ro,asbd);
  ASD[I]:=ASBD;
  H_5;
  H_5_D;
  ARD[I]:=AR;
  END;
END;

PROCEDURE IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP;

BEGIN

Writeln(LST);
WRITEln(LST,'****LES DIMENSIONS RETENUES POUR TOUTE LA POUTRE SONT:****');
WRITEln(LST);
WRITEln(LST,'  LARGEUR B (en mm)           =  ',B:10:3);
WRITEln(LST,'  HAUTEUR UTILE D (en mm)      =  ',D:10:3);
WRITEln(LST,'  HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm)=  ',HMINI:10:3);
WRITEln(LST);
WRITEln(LST,'  ARMATURE MINIMALE (en mm2)   =  ',ASMINI:10:3);
WRITEln(LST,'  ARMATURE MAXIMALE (en mm2)  =  ',ASMAX:10:3);
WRITEln(LST);
Writeln(LST);
WRITEln(LST);

```

```

I:=0;
Repeat
Inc(I);
  BEGIN
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'      x*x*x* RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.',I,' x*x*x*x*x');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'
' APPUI GAUCHE', '      ', ' EN TRAVEE ', '      ', ' APPUI DROIT ');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m)      ',
  MG[I]:10:2, '      ', MM[I]:10:2, '      ', MD[I]:10:2 );
  Writeln(LST,'ACIER REQUIS(en mm²)      ',
  ASG[I]:10:2, '      ', ASM[I]:10:2, '      ', ASD[I]:10:2);
  Writeln(LST,'ACIER PREVU(en mm²)      ',
  ARG[I]:10:2, '      ', ARM[I]:10:2, '      ', ARD[I]:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
  Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES(mm)      ',
  DOG[I]:10:2, '      ', DOM[I]:10:2, '      ', DOD[I]:10:2);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'NOMBRE TOTAL DE BARRES ',
  NG[I]:10:0, '      ', NM[I]:10:0, '      ', ND[I]:10:0 );
  Writeln(LST,'SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
  Writeln(LST,'PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ',
  D1G[I]:10:2, '      ', D1M[I]:10:2, '      ', D1D[I]:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
  N1G[I]:10:0, '      ', N1M[I]:10:0, '      ', N1D[I]:10:0 );
  Writeln(LST,'PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
  D2G[I]:10:2, '      ', D2M[I]:10:2, '      ', D2D[I]:10:2);
  Writeln(LST,'NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
  N2G[I]:10:0, '      ', N2M[I]:10:0, '      ', N2D[I]:10:0 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'NOMBRE DE LITS :      ',
  NLITG[I]:10:0, '      ', NLITM[I]:10:0, '      ', NLITD[I]:10:0 );
  Writeln(LST);
  Writeln(LST);
  END;
Until I=TRAV;
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

PROCEDURE IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS;
BEGIN
I:=0;
Repeat
Inc(I);

  BEGIN
  CLRSCR;
  REVERSEVIDEO(True);
  Writeln('      RESULTATS POUR LA TRAVÉE N°',I);
  REVERSEVIDEO(FALSE);
  Writeln('
' APPUI GAUCHE', '      ', ' EN TRAVEE ', '      ', ' APPUI DROIT ');
  Writeln;
  Writeln('MOMENT (en KN.m)      ',
  MG[I]:10:2, '      ', MM[I]:10:2, '      ', MD[I]:10:2 );
  Writeln;
  Writeln('ACIER REQUIS(en mm²)      ',
  ASG[I]:10:2, '      ', ASM[I]:10:2, '      ', ASD[I]:10:2);
  Writeln;
  Writeln('ACIER PREVU(en mm²)      ',
  ARG[I]:10:2, '      ', ARM[I]:10:2, '      ', ARD[I]:10:2);
  Writeln;
  END;

```

```

REVERSEVIDEO(True);
Writeln(' SI DIAMETRE UNIFORME ON A :');
REVERSEVIDEO(False);
Writeln;
Writeln('DIAMETRE DES BARRES(mm) ',
DOG[1]:10:2,' ', DOM[1]:10:2,' ', DOD[1]:10:2);
Writeln('NOMBRE TOTAL DE BARRES ',
NG[1]:10:0,' ', NM[1]:10:0,' ', ND[1]:10:0 );

ReverseVideo(True);
Writeln('SI DIAMETRE DIFFERENT ON A :');
ReverseVideo(False);
Writeln;
Writeln('PLUS GRAND DIAMETRE (mm) ',
D1G[1]:10:2,' ', D1M[1]:10:2,' ', D1D[1]:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE GRAND φ ',
N1G[1]:10:0,' ', N1M[1]:10:0,' ', N1D[1]:10:0 );
Writeln('PLUS PETIT DIAMETRE (mm) ',
D2G[1]:10:2,' ', D2M[1]:10:2,' ', D2D[1]:10:2);
Writeln('NBRE DE BARRES DE PETIT φ ',
N2G[1]:10:0,' ', N2M[1]:10:0,' ', N2D[1]:10:0 );

Writeln;
Writeln('NOMBRE DE LITS : ',
NLITG[1]:10:0,' ', NLITM[1]:10:0,' ', NLITD[1]:10:0 );
IF I=TRAV Then I:=0;
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ReverseVideo(True);
GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
END;
UNTIL READKEY=#027;
END;

PROCEDURE CONT_DIM_et_MOM_CONNUS;

BEGIN
ClrScr;GotoXY(10,15);
ReverseVideo(True);
Write('POUTRE CONTINUE: DIMENSIONS CONNUES et MOMENTS CONNUS ');
ReverseVideo(False);
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;

Saisie_MOMENTS_Connus;
RAPPELS_ENROBAGE_MODIFIE;
CONTINUE:=TRUE;
CALCUL_PC_MINI_MAX_ACIER(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
C_18_2;
ClrScr;
REVERSEVIDEO(TRUE);
GotoXY(10,10);write('ENTREZ LA LARGEUR DE LA POUTRE (en mm)-->');
REVERSEVIDEO(FALSE);
LireReelXY(70,10,1E-10,1E+10,B);
GotoXY(5,20);Write('LA HAUTEUR TOTALE MINIMALE (en mm) à RESPECTER : ');
ReverseVideo(True);
GotoXY(65,20);Write(HMINI:10:3);
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
ReverseVideo(False);
Hauteur_Totale_Ou_Utile;
SAISIE_DES_MOMENTS;
D0:=0;D1:=0;D2:=0;N10:=0;N1:=0;N2:=0;N:=0;
TRAITEMENT;
ClrScr; C_20_1_A;
IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS;
Repeat Until BARRE_espacement;

ClrScr; ReverseVideo(True);

```

```

MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
REPEAT
GotoXY(1,15); ClrEol;
CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
Until REPONSEVALIDE;
IF OUI Then IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP;
HALT;
END;

PROCEDURE CONT_DIM_INCON_et_MOM_CONNUS;

BEGIN
  ClrScr;GotoXY(10,15);
  ReverseVideo(True);
  Write('POUTRE CONTINUE: DIMENSIONS INCONNUES et MOMENTS CONNUS ');
  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;

  REPEAT
    ClrScr;HighVideo;
    ReverseVideo(True);
    GotoXY(5,8);Write('DETERMINATION DES DIMENSIONS A PARTIR DU GRAND MOMENT :');
    ReverseVideo(False);
GOTOXY(5,15);Write('ENTREZ LE PLUS GRAND DES MOMENTS DE LA POUTRE (KN.m) ');
    LireReelXY(70,15,-1E+10,1E+10,ZGRAND);NORMVIDEO;
    HighVideo; ZGRAND:=abs(ZGRAND);
    Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
    NormVideo;
    REPEAT
      GotoXY(1,20);ClrEol;
      CentrageMessage(Mot,20);
    UNTIL ReponseValide;
  UNTIL Not OUI;

  Saisie_MOMENTS_Connus;
  CONTINUE:=TRUE;
  C_18_2;
  H_2_3;
  D0:=0;D1:=0;D2:=0;N10:=0;N1:=0;N2:=0;N:=0;
  SAISIE_DES_MOMENTS;
  TRAITEMENT;

  ClrScr; C_20_1_A;
  IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS;
  Repeat Until Barre_Espacement;

  ClrScr; ReverseVideo(True);
  MOT:=('VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
  REPEAT
  GotoXY(1,15); ClrEol;
  CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
  Until REPONSEVALIDE;
  IF OUI Then IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP;
  HALT;
  END;

PROCEDURE MOMENTS;

Begin
  ClrScr; ZGRAND:=1E+10;

  ReverseVideo(True);
  GotoXY(2,4); Write(' DONNER LE NOMBRE DE TRAVÉES ');

```

```

ReverseVideo(False);
LireEntierXY(45,4,1,10,TRAV);
ReverseVideo(True);
GotoXY(3,8); Write('1');
GotoXY(3,11); Write('2');
ReverseVideo(False);
GotoXY(5,8); rite('LES MOMENTS FLECHISSANTS , LES DIMENSIONS SONT CONNUS ');
GotoXY(5,11); Write('LES MOMENTS FLECHISSANTS SONT CONNUS,
LES DIMENSIONS SONT INCONNUES');
CentrageMessage('Votre choix (1 OU 2)',16);
LireEntierXY(60,16,1,2,Option);

```

```
Case Option OF
```

```

1 : CONT_DIM_ET_MOM_CONNUS;
2 : CONT_DIM_INCON_ET_MOM_CONNUS;
END;
END;

```

```
PROCEDURE FORFAITAIRE;
```

```
Begin
```

```

ClrScr; continu:=True;
ReverseVideo(True);
GotoXY(2,4); Write(' DONNER LE NOMBRE DE TRAVÉES ');
ReverseVideo(False);
LireEntierXY(55,4,2,10,TRAV);
ReverseVideo(True);
GotoXY(3,10); Write('3');
GotoXY(3,13); Write('4');
ReverseVideo(False);

GotoXY(5,10); Write('UTILISATION DES COEFFICIENTS DU CODE,
LES DIMENSIONS SONT CONNUES');
GotoXY(5,13); Write('UTILISATION DES COEFFICIENTS DU CODE,
LES DIMENSIONS SONT INCONNUES');
CentrageMessage('Votre choix (3 OU 4)',16);
LireEntierXY(60,16,3,4,Option);

```

```
Case Option OF
```

```

3 : IF (TRAV=2) Then C_20_10_3_A
ELSE C_20_10_3_B;
4 : IF (TRAV=2) Then C_20_10_4_A
ELSE C_20_10_4_B;
End;
END;

```

```
Begin
```

```

CONTINUE:=TRUE;
ClrScr;
GotoXY(5,15);ReverseVideo(True);
Write('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE CONTINUE ');
ReverseVideo(False);Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
ClrScr;
ReverseVideo(True);
GotoXY(6,8); Write('LES MOMENTS FLECHISSANTS SONT CONNUS ');
GotoXY(6,11); Write('UTILISATION DES COEFFICIENTS DU CODE
(METHODE FORFAITAIRE)');
ReverseVideo(False);
GotoXY(3,8); Write('1 ');
GotoXY(3,11); Write('2 ');
CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX (1 OU 2)',14);
LireEntierXY(60,14,1,2,Option);
Case Option OF

```

```
1 : MOMENTS;  
2 : FORFAITAIRE;  
  End;  
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;  
  End.
```

```

USES Crt,Printer,Punit1,Punit2;

VAR
MG,MM,MD,ASG,ASM,ASD,NG,NG1,NG2,
NG3,NM,NM1,NM2,NM3,ND,
ND1,ND2,ND3
:ARRAY[1..10] OF REAL ;

HMINI1,HMINI2,L1,L2,ASMINI,H,DDALLE,S1,S,
ATEMP,LGRAND,LPETIT,MOY
: Real;

CK,TRAV,I
: INTEGER;

Mot
: STRING79;

PROCEDURE DALLE_C_18_2;
BEGIN
DENO:=24; L:=L1 ;
CALCUL_DE_HMINI(hmini);
HMINI1:=HMINI;
DENO:=28;
L:=L2;
CALCUL_DE_HMINI(hmini);
HMINI2:=HMINI;
If HMINI1>HMINI2 THEN HMINI:=HMINI1
ELSE HMINI:=HMINI2 ;
END;

PROCEDURE DALLE_calcul_acier_b_et_d_connues;
BEGIN
kr:=(1E+6*mf)/(b*sqr(D));
eq1:=0.85*sqr(fy); eq2:=-1.02*fc*fy; eq3:=1.2*fc*kr;
delta1:=sqr(eq2)-(4.0*eq1*eq3);
IF delta1<0 THEN
BEGIN
ClrScr; ReverseVideo(True);
CentrageMessage('AVEC CES MOMENTS IL FAUT AUGMENTER L''EPAISSEUR.',10);
ReverseVideo(False);
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
HALT; (*****ATTENTION*****)
END
ELSE
BEGIN
delta2:=sqr(delta1);
rac1:=(-eq2-delta2)/(2.0*eq1);
rac2:=(-eq2+delta2)/(2.0*eq1);
IF rac1<=romini THEN ro:=rac1
ELSE
IF rac1<=robba THEN ro:=rac1
ELSE ro:=rac2;
END;
ASBD:=ro*b*d;
END;

PROCEDURE DALLE_C_20_1_A ;
BEGIN
ClrScr; ReverseVideo(True);
WRITEln('LES DIMENSIONS RETENUES POUR LE CALCUL DE LA DALLE SONT :');
ReverseVideo(False);
HighVideo; WRITEln;
WRITEln('LARGEUR DE LA BANDE DE CALCUL B (en mm) =',B:10:3);
WRITEln('HAUTEUR UTILE D (en mm) =',D:10:3);
WRITEln('EPAISSEUR MINIMALE DE LA DALLE (en mm) =',HMINI:10:3);
WRITEln; WRITEln('EPAISSEUR RETENUE (en mm) =',H:10:3);
WRITEln; WRITEln('ARMATURE MINIMALE (en mm²) =',ASMINI:10:3);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; NORMVIDEO;
END;

```

```

PROCEDURE DALLE_Saisie_MOMENTS_Connus;
BEGIN
  CLRSCR;
  REPEAT
GotoXY(10,5); WRITE('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES :');
GotoXY(5,8 ); Write('RÉSISTANCE EN COMPRESSION DU BÉTON (EN MPa)----->');
GotoXY(5,10 );Write('CONTRAINTES DE L'ACIER (EN MPa)-----> ');
GotoXY(5,12); Write('MASSE VOLUMIQUE DU BÉTON (Béton Normal:2400Kg/m³)---->');
GotoXY(5,14); Write('GRANDE PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE DE RIVE(mm)---->');
GotoXY(5,16); Write('GRANDE PORTÉE ENTRE AXES DE LA TRAVÉE INTÉRIEURE(mm)->');
    LireReelXY(70, 8,1E-4,1E+10,FC);
    LireReelXY(70,10,1E-4,599,FY);
    LireReelXY(70,12,1E-4,1E+10,GC);
    LireReelXY(70,14,1E-4,1E+10,L1);
    LireReelXY(70,16,1E-4,1E+10,L2);
    HighVideo;
    Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
    NormVideo;
    REPEAT
      GotoXY(1,20);ClrEol;
      CentrageMessage(Mot,20);
    UNTIL ReponseValide;
  UNTIL Mot OUI;
END; (Fin de procedure)

PROCEDURE DALLE_SAISIE_DES_MOMENTS;
Begin
  ClrScr;
  GotoXY(10,10); Write('ENTREZ LE NOMBRE DE TRAVÉES: ');
  LireEntierXY(60,10,1,10,TRAV);
  GotoXY(10,15);Write('ENTREZ LES MOMENTS TRAVÉE PAR TRAVÉE ');
  REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
  FOR I:=1 to TRAV DO
  BEGIN
  REPEAT
    ClrScr;
    GotoXY(10,8);Write('DONNEZ LES MOMENTS (en KN.m) DE LA TRAVÉE N°',I);
    GotoXY(20,11);Write('A L'APPUI DE GAUCHE:');
    GotoXY(20,13);Write('EN TRAVÉE      ');
    GotoXY(20,15);Write('A L'APPUI DE DROITE:');
    LireReelXY(65,11,-1E+10,1E+10,MG[I]);
    LireReelXY(65,13,-1E+10,1E+10,MM[I]);
    LireReelXY(65,15,-1E+10,1E+10,MD[I]);
    HighVideo;    Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
    NormVideo;
    REPEAT
      GotoXY(1,20);ClrEol; CentrageMessage(Mot,20);
    UNTIL ReponseValide; UNTIL (Not Oui);
  END;(Fin de FOR)
  END;

PROCEDURE DALLE_TRAITEMENT_GAUCHE;
BEGIN
  FOR I:=1 to TRAV DO
  BEGIN
    ASBD:=0; MF:=ABS(MG[I]);
    DALLE_Calcul_Acier_B_et_D_Connues;
    ASG[I]:=ASBD;
    If ASG[I]<ASMINI Then ATEMP:=ASMINI
    Else ATEMP:=ASG[I];
    NG[I]:=(ATEMP*4)/(PI*ddalle*ddalle);
    NG1[I]:=100/NG[I];
    NG2[I]:=INT(NG1[I]);
    NG3[I]:=NG1[I]-NG2[I];
    IF NG3[I]>0.5 THEN NG2[I]:=10*NG2[I]+10
    ELSE NG2[I]:=NG2[I]*10 ;
  END;
END;

```

```

PROCEDURE DALLE_TRAITEMENT_MILIEU;
BEGIN
  FOR I:=1 to TRAV DO
  BEGIN
    ASBD:=0;
    MF:=ABS(MM[I]);
    DALLE_Calcul_Acier_B_et_D_Connues;
    ASM[I]:=ASBD;
    If ASM[I]<ASMINI Then ATEMP:=ASMINI
    Else ATEMP:=ASM[I];
    NM[I]:=(ATEMP*4)/(PI*ddalle*ddalle);
    NM1[I]:=100/NM[I];
    NM2[I]:=INT(NM1[I]);
    NM3[I]:=NM1[I]-NM2[I];
    IF NM3[I]>0.5 THEN NM2[I]:=10*NM2[I]+10
    ELSE NM2[I]:=NM2[I]*10 ;
    END;
  END;

PROCEDURE DALLE_TRAITEMENT_DROITE;
BEGIN
  FOR I:=1 to TRAV DO
  BEGIN
    ASBD:=0;
    MF:=ABS(MD[I]);
    DALLE_Calcul_Acier_B_et_D_Connues;
    ASD[I]:=ASBD;
    If ASD[I]<ASMINI Then ATEMP:=ASMINI
    Else ATEMP:=ASD[I];
    ND[I]:=(ATEMP*4)/(PI*ddalle*ddalle);
    ND1[I]:=100/ND[I];
    ND2[I]:=INT(ND1[I]);
    ND3[I]:=ND1[I]-ND2[I];
    IF ND3[I]>0.5 THEN ND2[I]:=10*ND2[I]+10
    ELSE ND2[I]:=ND2[I]*10 ;
    END;
  END;

PROCEDURE DALLE_IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS_IMP;
BEGIN
  Writeln(LST);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST);
  WRITELn(LST,'LES DIMENSIONS RETENUES POUR LE CALCUL DE LA DALLE SONT :');
  ReverseVideo(False);
  HighVideo;
  WRITELn(LST);
  WRITELn(LST,'LARGEUR DE LA BANDE DE CALCUL B (en mm)           =',B:10:3);
  WRITELn(LST,'HAUTEUR UTILE D (en mm)                               =',D:10:3);
  WRITELn(LST,'EPAISSEUR MINIMALE DE LA DALLE (en mm)              =',HMINI:10:3);
  WRITELn(LST);
  WRITELn(LST,'EPAISSEUR RETENUE (en mm)                               =',H:10:3);
  WRITELn(LST);
  I:=0;
  Repeat
    INC(I);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'x*x*x*x*x*x*x*RESULTATS POUR LA TRAVÉE N.',I,'x*x*x*x*x*x*x');
  Writeln(LST);
  Writeln(LST,'
  ' APPUI GAUCHE',I,' EN TRAVÉE ',I,' APPUI DROIT ');
  writeln;
  Writeln(LST,'MOMENT (en KN.m) ',I,
  MG[I]:10:2,',',MM[I]:10:2,',',MD[I]:10:2);
  writeln(LST);
  Writeln(LST,'ACIER REQUIS (en mm²) ',I,
  ASG[I]:10:2,',',ASM[I]:10:2,',',ASD[I]:10:2);

```

```

Writeln(LST,'DIAMETRE DES BARRES (mm) ',
DDALLE:10:2,' ', DDALLE:10:2,' ', DDALLE:10:2);
Writeln(LST,'ESPACEMENT CALCULE (mm) ',
NG2[I]:10:0,' ', NM2[I]:10:0,' ', ND2[I]:10:0);
Writeln(LST);
Writeln(LST,'ESPACEMENT MAXI PERMIS(mm)',
S:10:0,' ', S:10:0,' ', S:10:0 );
Writeln(LST,'ARMATURE MINIMALE (mm²) ',
ASMINI:10:2,' ', ASMINI:10:2,' ', ASMINI:10:2);
UNTIL I=trav ;
Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
END;

PROCEDURE DALLE_IMPRESSION_MOMENTS_CONNUS;

BEGIN
S1:=3*H; If S1<500 then s:=s1 else s:=500 ;

I:=0;
Repeat
Inc(I);

BEGIN
CLRSCR;
REVERSEVIDEO(True);
Writeln(' RESULTATS POUR LA TRAVÉE N°',I);
REVERSEVIDEO(False);
Writeln('
' APPUI GAUCHE',' ', ' EN TRAVEE ', ' ', ' APPUI DROIT ');
writeln;
Writeln('MOMENT (en KN.m) ',
MG[I]:10:2,' ', MM[I]:10:2,' ', MD[I]:10:2 );
writeln;
Writeln('ACIER REQUIS (en mm²) ',
ASG[I]:10:2,' ', ASM[I]:10:2,' ', ASD[I]:10:2);
Writeln('DIAMETRE DES BARRES (mm) ',
DDALLE:10:2,' ', DDALLE:10:2,' ', DDALLE:10:2);
Writeln('ESPACEMENT CALCULE (mm) ',
NG2[I]:10:0,' ', NM2[I]:10:0,' ', ND2[I]:10:0);
Writeln;
Writeln('ESPACEMENT MAXI PERMIS(mm)',
S:10:0,' ', S:10:0,' ', S:10:0 );
Writeln('ARMATURE MINIMALE (mm²) ',
ASMINI:10:2,' ', ASMINI:10:2,' ', ASMINI:10:2);
If I=trav then I:=0;
Repeat UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
ReverseVideo(True);
GotoXY(15,24);Write('APPUYEZ SUR < ESC > POUR SORTIR ');
ReverseVideo(False);
END;
UNTIL READKEY=#027;
END;

PROCEDURE DALLE_DIM_et_MOM_CONNUS;
BEGIN
ClrScr;GotoXY(10,15);
ReverseVideo(True);
Write('DIMENSIONNEMENT DES DALLES ARMEES DANS UNE DIRECTION');
ReverseVideo(False);
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; ClrScr;
GotoXY(5,10);Write('ENTREZ LA LONGUEUR DU PLUS GRAND COTÉ DE LA DALLE (mm)');
GotoXY(5,13);Write('ENTREZ LA LONGUEUR DU PLUS PETIT COTÉ DE LA DALLE (mm)');
Repeat
LireReelXY(60,10,1,1E+10,LGRAND);
LireReelXY(60,13,1,LGRAND,LPETIT);

```

```

                HighVideo;
                Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
                NormVideo;
                Repeat
                GotoXY(1,20);ClrEol;
                CentrageMessage(Mot,20);
                Until ReponseValide;
            UNTIL (Not Oui);
            Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
            MOY:=LGRAND/LPETIT; IF MOY<2 Then
            BEGIN
            Clrscr; GotoXY(10,15);
            ReverseVideo(True);
            Write('CETTE DALLE PORTE DANS DEUX DIRECTIONS CE QUI NE FAIT PAS');
            GOTOXY(10,16);Write('L'OBJET DE CE LOGICIEL < RETOUR AU MENU >' );
            REVERSEVIDEO(FALSE);
            REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT; HALT;
            END;
            DALLE_Saisie_MOMENTS_Connus;
            CALCUL_PC_MINI_MAX_ACIER(fy,fc,b1,robba,romini,krmini,krmax);
            DALLE_C_18_2;
            ClrScr;
            GotoXY(5,6);Write('L'EPAISSEUR MINIMALE (en mm) à RESPECTER : ');
            ReverseVideo(True);
            GotoXY(65,6);Write('HMINI:10:3');
            REVERSEVIDEO(False);
            REVERSEVIDEO(TRUE);
            GotoXY(10,10);write('ENTREZ L'EPAISSEUR QUE VOUS AVEZ RETENUE (en mm)-->');
            GotoXY(10,13);Write('ENTREZ LE DIAMETRE DES BARRES A UTILISER (en mm) -->');
            Repeat
            REVERSEVIDEO(FALSE);
            LireReelXY(70,10,1E-10,1E+10,h);
            LireReelXY(70,13,1E-10,(H-21),DDALLE);
            HighVideo;
            Mot:='VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS? (O/N)';
            NormVideo;
            Repeat
            GotoXY(1,20);ClrEol;
            CentrageMessage(Mot,20);
            Until ReponseValide;
            Until (Not OUI);
            Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
            B:=1000;
            D:=(H-20-(DDALLE/2));
            ASMINI:=0.002*B*H;
            DALLE_SAISIE_DES_MOMENTS;
            DALLE_TRAITEMENT_GAUCHE;
            DALLE_TRAITEMENT_MILIEU;
            DALLE_TRAITEMENT_DROITE;
            ClrScr;
            DALLE_C_20_1_A;
            DALLE_IMPRESION_MOMENTS_CONNUS;
            ClrScr; ReverseVideo(True);
            MOT:=( 'VOULEZ-VOUS AVOIR LES RESULTATS SUR IMPRIMANTES ? (O/N)');
            REPEAT
            GotoXY(1,15); ClrEol;
            CentrageMessage(MOT,15);ReverseVideo(False);
            Until REPONSEVALIDE;
            IF OUI Then DALLE_IMPRESION_MOMENTS_CONNUS_IMP;
            HALT;
            END;

            Begin
            DALLE_DIM_et_MOM_CONNUS;
            End.

```

USES Crt,Printer,Punit1;

VAR

SIGB,FE,B,H,MI,M,D,EPL,AFL,BEL,MUL,GS,MU,
AF,BE,EPS,SIGS,A,DELTAP,DP,DELTAPCALCULE,
SIGPS,FC28,Y,MF1,MF2,AP,BO,MO,HO,MN

:REAL;

CK

:INTEGER;

PROCEDURE AFNOR_Armature_rect_simple_Armee; forward;
PROCEDURE AFNOR_CALCUL_ARMATURE_DOUBLEMENT; forward;
PROCEDURE AFNOR_ACIER_TENDU_COMPRIME_TE; forward;
PROCEDURE AFNOR_Armature_tendue_TE_Simple; forward;
PROCEDURE AFNOR_SAISIE_RECT_SIMP_ARMEE;

Begin

ClrScr;

REPEAT

CentrageMessage('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES',3);

GotoXY(2,6);Write('LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION à 28 Jours DU BÉTON(MPa)-->');

GotoXY(2,8); Write('LA LIMITE D'ÉLASTICITÉ DE L'ACIER (en MPa)----->');

GotoXY(2,10); Write('LA LARGEUR DE LA SECTION DU BÉTON (en cm) ----->');

GotoXY(2,12); Write('LA HAUTEUR TOTALE DE LA SECTION (en cm)----->');

GotoXY(2,14); Write('LA HAUTEUR UTILE DE LA SECTION (en cm) ----->');

GotoXY(2,16); Write('LE MOMENT PONDÉRÉ (en KN.m) ----->');

LireReelXY(65,6,1E-10,1E12,FC28);

LireReelXY(65,8,1E-10,1E12,FE);

LireReelXY(65,10,1E-10,1E12,B);

LireReelXY(65,12,1E-10,1E12,H);

LireReelXY(65,14,1E-10,(H-0.5),D);

LireReelXY(65,16,-1E+10,1E12,MI);

REPEAT

GotoXY(15,18);CLREOL;

HighVideo;

CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS ?(O/N)',18);

NormVideo;

Until ReponseValide;

Until Not OUI;

M := ABS(MI);

End;

PROCEDURE AFNOR_SAISIE_RECT_DOUBLEMENT;

BEGIN

AFNOR_SAISIE_RECT_SIMP_ARMEE;

HighVideo;

ReverseVideo(true);

GotoXY(2,20);Write('LA DISTANCE DE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE AU');

GotoXY(2,21);Write('CENTRE DE GRAVITÉ DE L'ACIER COMPRIMÉ (en cm) --->');

LireReelXY(70,21,0.1,(D-0.5),DP);

ReverseVideo(False);

NormVideo;

END;

PROCEDURE AFNOR_VALEURS_LIMITES_DES_COEFFICIENTS;

Var

Rep : Integer;

Begin

ClrScr; ReverseVideo(True);

GotoXY(25,5);Write(' 1- SITUATIONS ACCIDENTELLES ');

GotoXY(25,6);Write(' 2- AUTRES SITUATIONS ');

CentrageMessage('FAITES VOTRE CHOIX --> (1 ou 2) ',8);

ReverseVideo(False);

LireEntierXY(60,8,1,2,Rep);

IF Rep = 1 Then

BEGIN

sigb:=(0.85*fc28)/1.15;

GS := 1.0;

END;

```

IF Rep = 2 Then
  BEGIN
    SIGB:=(0.85*fc28)/1.5;
    GS := 1.15;
    END;
  EPL := FE/(200000.0*GS);
  AFL := 3.5/(3.5+1000.0*EPL);
  BEL := 1.0-0.4*AFL;
  MUL := 0.8*AFL*BEL;
End;

PROCEDURE AFNOR_RECHERCHE_de_CONTRAINTE_ACIER_COMPRIME;
  Begin
    DELTAP:=DP/D; SIGS:=FE/GS;
    DELTAPCALCULE:=(3.5-(1000*EPL))/(3.5+(1000*EPL));
    IF DELTAP<=DELTAPCALCULE THEN SIGPS:=FE/GS
    ELSE
      Begin
        EPS:=(3.5/1000)*(1-DELTAP)-(EPL*DELTAP);
        SIGPS:=200000*EPS
      End;
    End;

  PROCEDURE AFNOR_IMPRESSION_F_4_2_B;
    Begin
      GotoXY( 5,10);Write('LARGEUR DE LA POUTRE B (en cm) ----->');
      GotoXY( 5,11);Write('HAUTEUR TOTALE H (en cm) ----->');
      GotoXY( 5,12);Write('HAUTEUR UTILE D (en cm) ----->');
      GotoXY( 5,13);Write('MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m) ----->');
      GotoXY( 5,14);Write('ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm²) ----->');
      ReverseVideo(True);
      GotoXY(65,10);Write(B:10:3) ;
      GotoXY(65,11);Write(H:10:3) ;
      GotoXY(65,12);Write(D:10:3) ;
      GotoXY(65,13);Write(M:10:3) ;
      GotoXY(65,14);Write(A:10:3) ;
      ReverseVideo(False);
    END;

  PROCEDURE AFNOR_IMPRESSION_DES_RESULTATS_TENDUE;
  Begin
    ClrScr;
    ReverseVideo(True);
    CentrageMessage('POUTRE RECTANGULAIRE COMPORTANT UNIQUEMENT',7);
    CentrageMessage('LES ARMATURES TENDUES',8);
    ReverseVideo(False);
    AFNOR_IMPRESSION_F_4_2_B;Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;Halt;
  End;

PROCEDURE AFNOR_CALCUL_ARMATURE_DOUBLEMENT;
  BEGIN
    MU:=(1000*M)/(SIGB*B*sqr(D));
    If MU<=MUL THEN
      BEGIN
        ClrScr;
        HighVideo;
        CentrageMessage('LA POUTRE SE COMPORTE COMME UNE POUTRE ARMÉE
          UNIQUEMENT EN TENSION ',12);

        NormVideo;
        Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
        Afnor_Armature_Rect_Simple_Armee;
        Afnor_Impression_Des_Resultats_Tendue;
        Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
        Halt;
      END
    ELSE

```

```

        BEGIN
        Afnor_Recherche_De_Contrainte_Acier_Comprime;
        Y:=Afl*D ;
        MF1:=MUL*SIGB*B*(sqr(D))*0.001 ;
        MF2:=M-MF1;
        AP:=(MF2*1000)/((D-DP)*SIGPS);
        A:=((MF1*1000)/(BEL*D*SIGS))+AP*(SIGPS/SIGS)
        END;
    END;{Fin de procedure}

PROCEDURE Afnor_IMPRESSIION_DOUBLEMENT;
Begin
    ClrScr;
    CentrageMessage('POUTRE RECTANGULAIRE COMPORTANT :',5);
    CentrageMessage('ARMATURES TENDUES ET COMPRIMÉES ',6);
    ReverseVideo(True); GotoXY(5,8);
    Write('DISTANCE DE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE AU ');
    GotoXY(5,9);Write('CENTRE DE GRAVITÉ DE L''ACIER COMPRIMÉ (en cm) ');
    ReverseVideo(False);
    GotoXY(50,9);Write(' ----->');
    ReverseVideo(True);
    GotoXY(65,9);Write(DP:10:3);
    ReverseVideo(False);
    Afnor_IMPRESSIION_F_4_2_B;
    ReverseVideo(True);
    GotoXY(5,15);Write('ARMATURE COMPRIMÉE (en cm²) ----->');
    GotoXY(65,15);Write(AP:10:3);
    ReverseVideo(False);
    REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT ;
    Halt;
END;

PROCEDURE Afnor_Armature_rect_simple_Armee;
BEGIN
    M:=ABS(MI); MU:=(M*1000)/(SIGB*b*sqr(D));
    IF MU>MUL THEN
        Begin
            ClrScr;HighVideo;
            GOTOXY(10,10);Write('LA SECTION DOIT ETRE ARMÉE DOUBLEMENT');
            NORMVIDEO;
            GOTOXY(2,15);Write('ENTREZ LA DISTANCE DE LA FIBRE LA PLUS
                COMPRIMÉE à L''ACIER As''(en cm)');
            LireReelXY(76,15,0.5,(D-0.5),DP);
            Afnor_Calcul_Armature_Doublement;
            Afnor_Impression_Doublement;
            Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
            Halt;
        End {Fin de THEN}
    ELSE
        BEGIN
            AF:=(1-sqrt(1-2*MU))/0.8 ;
            BE:=1-0.4*AF;
            If AF<=0.2593 THEN EPS:=10*1E-3
            Else
                If AF>1 THEN Begin
                    ClrScr; HighVideo;
                    GotoXY(10,10);WRITE('IMPOSSIBILITÉ CAR  $\alpha > 1$  ');
                    Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
                    HALT; NORMVIDEO;
                    End {fin de THEN}
                Else
                    EPS:=(3.5/1000)*((1/AF)-1);
                    IF EPS>=EPL THEN SIGS:=FE/GS
                    ELSE SIGS:=200000*EPS;
                    END; {Fin du grand ELSE}
            A:=(M*1000)/(BE*D*SIGS) ;
            END; { Fin de la procedure }
    END;

```

```

PROCEDURE AFNOR_DESIGN_RECT_SIMPLE_PRINCIPAL1;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE
                  SIMPLEMENT ARMEE ',15);

  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    Afnor_Saisie_Rect_Simp_Armee;
    Afnor_Valeurs_Limites_Des_Coefficients;
    Afnor_Armature_Rect_Simple_Armee;
    Afnor_Impression_Des_Results_Tendue;
  END;

PROCEDURE AFNOR_DESIGN_RECT_DOUBLEMENT_PRINCIPAL2;
Begin
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE RECTANGULAIRE
                  DOUBLEMENT ARMEE ',15);

  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    Afnor_Saisie_Rect_Doublement;
    Afnor_Valeurs_Limites_Des_Coefficients;
    Afnor_Calcul_Armature_Doublement;
    Afnor_Impression_Doublement;
  END;

PROCEDURE AFNOR_Saisie_POUTRE_EN_TE_SIMPLE;
Begin
  ClrScr;
  REPEAT
    CentrageMessage('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES',3);
    GotoXY(1,6);Write('LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION à 28 Jours DU BÉTON(MPa)-->');
    GotoXY(1,8);Write('LA LIMITE D'ÉLASTICITÉ DE L'ACIER (en MPa)----->');
    GotoXY(1,10); Write('LA LARGEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)----->');
    GotoXY(1,12); Write('L'ÉPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)----->');
    GotoXY(1,14); Write('LA LARGEUR DE LA NERVURE (en cm)----->');
    GotoXY(1,16); Write('LA HAUTEUR TOTALE DE LA SECTION (en cm)----->');
    GotoXY(1,18); Write('LA HAUTEUR UTILE DE LA SECTION (en cm)----->');
    GotoXY(1,20); Write('LE MOMENT PONDÉRÉ (en KN.m)----->');
    LireReelXY(65,6,1E-10,1E+12,Fc28);
    LireReelXY(65,8,1E-10,1E+12,FE);
    LireReelXY(65,10,1E-10,1E+12,B);
    LireReelXY(65,12,1E-10,1E+12,HO);
    LireReelXY(65,14,1E-10,1E+12,BO);
    LireReelXY(65,16,1E-10,1E+12,H);
    LireReelXY(65,18,(HO-0.5),(H-0.5),D);
    LireReelXY(65,20,-1E+10,1E12,MI);
    REPEAT
      GotoXY(15,23);CLREOL;
      HighVideo;
      CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS ?(O/N)',23);
      NormVideo;
      Until ReponseValide;
    Until Not OUI;
  M := ABS(MI);
End;

PROCEDURE Afnor_ARMATURE_TENDUE_TE_SIMPLE;
BEGIN
  MO:=(SIGB*B*HO)*(D-(HO/2))*1E-3;
  If M<=MO THEN
    Begin
      ClrScr;
      GotoXY(5,15);Write('ON PEUT DIMENSIONNER COMME UNE POUTRE RECTANGULAIRE
                        SIMPLEMENT ARMÉE.');
```

```

Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
Afnor_Armature_Rect_Simple_Arme;
Afnor_Impression_Des_Resultats_Tendue;
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
Halt;
END
ELSE
BEGIN
  MN:=M-(SIGB*(B-BO)*HO*(D-HO/2)*1E-3);
  MU:=(MN*1E+3)/(SIGB*BO*sqrt(D));
  IF MU<=MUL THEN
    BEGIN
      AF:=(1-sqrt(1-2*MU))/0.8;
      BE:=(1-0.4*AF);
    If AF<=0.2593 THEN EPS:=10*1E-3
    Else
      If AF>1 THEN
        Begin
          ClrScr; HighVideo;
          GotoXY(10,10);WRITE('IMPOSSIBILITÉ CAR  $\alpha > 1$  ');
          NormVideo;
          REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
          Halt;
        End {fin de THEN}
      Else
        EPS:=(3.5/1000)*((1/AF)-1);
        IF EPS>=EPL THEN SIGS:=FE/GS
        ELSE SIGS:=200000*EPS;
        A:=(1000*MN)/(BE*D*SIGS)+(SIGB*(B-BO)*HO)/(SIGS);
      END
    ELSE
      BEGIN
        HighVideo;
        MOT:='LI FAUT ARMER DOUBLEMENT CETTE POUTRE EN TÉ ';
        CentrageMessage(MOT,15);
        NORMVIDEO;
        Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
        ClrScr;
        ReverseVideo(True);
        GotoXY(1, 8); Write('LA DISTANCE QUI SÉPARE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE');
        GOTOXY(1, 9); Write('DU CENTRE DE GRAVITÉ DE L'ACIER COMPRIMÉ(cm)----->');
        REVERSEVIDEO(False);
        LireReelXY(65,9,1E-3,(D-0.001),DP);
        AFNOR_ACIER_TENDU_COMPRIME_TE;
      END;
    END;
  END;

PROCEDURE Afnor_Impression_Poutre_TE;
Begin
  GotoXY(5,10);Write('LARGEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm) ----->');
  GotoXY(5,11);Write('LARGEUR DE LA NERVURE (en cm) ----->');
  GotoXY(5,12);Write('ÉPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm) ----->');
  GotoXY(5,14);Write('HAUTEUR TOTALE H (en cm) ----->');
  GotoXY(5,15);Write('HAUTEUR UTILE D (en cm) ----->');
  GotoXY(5,17);Write('MOMENT PONDÉRÉ M (en KN.m) ----->');
  GotoXY(5,18);Write('ARMATURE TENDUE REQUISE (en cm²) ----->');
  ReverseVideo(True);
  GotoXY(57,10);Write(B:10:3);
  GotoXY(57,11);Write(BO:10:3);
  GotoXY(57,12);Write(HO:10:3);
  GotoXY(57,14);Write(H:10:3);
  GotoXY(57,15);Write(D:10:3);
  GotoXY(57,17);Write(M:10:3);
  GotoXY(57,18);Write(A:10:3);
  ReverseVideo(False);
END;

```

```

PROCEDURE AFNOR_IMPRESSION_TE_SIMPLE;
BEGIN
  ClrScr;
  MOT:='RESULTATS FINALS POUTRE EN TÉ SIMPLEMENT ARMÉE :';
  CentrageMessage(MOT,7);
  AFNOR_IMPRESSION_POUTRE_TE;
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; Halt;
  END;

PROCEDURE AFNOR_IMPRESSION_DOUBLEMENT_TE;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  MOT:='RESULTATS FINALS POUTRE EN TÉ DOUBLEMENT ARMÉE :';
  CentrageMessage(MOT,5);
  ReverseVideo(False);
  GotoXY(5, 8); Write('LA DISTANCE QUI SÉPARE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE');
  GOTOXY(5, 9); Write('DU CENTRE DE GRAVITÉ DE L''ACIER COMPRIMÉ(en cm)---->');
  REVERSEVIDEO(TRUE);
  GOTOXY(57, 9); Write(DP:10:3);
  ReverseVideo(FALSE);
  AFNOR_IMPRESSION_POUTRE_TE;
  GOTOXY(5,20);Write('SECTION D''ACIER COMPRIMÉ (cm²)          ---->');
  REVERSEVIDEO(TRUE);
  GOTOXY(57,20);Write(AP:10:3);
  REVERSEVIDEO(FALSE);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT; Halt;
  END;

PROCEDURE AFNOR_DESIGN_TE_SIMPLE_PRINCIPAL3;
BEGIN
  ClrScr;
  ReverseVideo(True);
  CentrageMessage('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE EN TE SIMPLEMENT ARMEE ',15);
  ReverseVideo(False);
  Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
    AFNOR_SAISIE_POUTRE_EN_TE_SIMPLE;
    AFNOR_VALEURS_LIMITES_DES_COEFFICIENTS;
    AFNOR_ARMATURE_TENDUE_TE_SIMPLE;
    AFNOR_IMPRESSION_TE_SIMPLE;
  END;

PROCEDURE AFNOR_Saisie_POUTRE_EN_TE_DOUBLEMENT;
Begin
  ClrScr;
  REPEAT
    CentrageMessage('ENTREZ LES DONNÉES SUIVANTES',1);
    GotoXY(1, 4); Write('LA DISTANCE QUI SÉPARE LA FIBRE LA PLUS COMPRIMÉE');
    GOTOXY(1, 5); Write('DU CENTRE DE GRAVITÉ DE L''ACIER COMPRIMÉ (cm)----->');
    GotoXY(1,7);Write('LA RÉSISTANCE EN COMPRESSION à 28 Jours DU BÉTON (MPa)->');
    GotoXY(1,9 ); Write('LA LIMITE D''ÉLASTICITÉ DE L''ACIER (en MPa)-----> ');
    GotoXY(1,11); Write('LA LARGEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)-----> ');
    GotoXY(1,13); Write('L''ÉPAISSEUR DE LA TABLE DE COMPRESSION (en cm)----->');
    GotoXY(1,15); Write('LA LARGEUR DE LA NERVURE (en cm)----->');
    GotoXY(1,17); Write('LA HAUTEUR TOTALE DE LA SECTION (en cm)----->');
    GotoXY(1,19); Write('LA HAUTEUR UTILE DE LA SECTION (en cm)----->');
    GotoXY(1,21); Write('LE MOMENT PONDÉRÉ (en KN.m) ----->');
    LireReelXY(65,5,1E-10,1E+12,DP);
    LireReelXY(65,7,1E-10,1E+12,Fc28);
    LireReelXY(65,9,1E-10,1E+12,FE);
    LireReelXY(65,11,1E-10,1E+12,B);
    LireReelXY(65,13,1E-10,1E+12,HO);
    LireReelXY(65,15,1E-10,1E+12,BO);
    LireReelXY(65,17,1E-10,1E+12,H);
    LireReelXY(65,19,(HO-0.5),(H-0.5),D);
    LireReelXY(65,21,-1E+10,1E12,MI);
  
```

```

REPEAT
GotoXY(15,24);CLREOL;
HighVideo;
CentrageMessage('VOULEZ-VOUS FAIRE DES CORRECTIONS ?(O/N)',23);
NormVideo;
Until ReponseValide;
Until Not OUI;
M := ABS(MI);
End;

```

```

PROCEDURE Afnor_Recherche_Contrainte_Compression_TE;
Begin
DELTAP:=DP/D; SIGS:=FE/GS;
DELTAPCALCULE:=((3.5*AFL)-(1000*EPL*AFL))/3.5;
IF DELTAP<=DELTAPCALCULE THEN SIGS:=FE/GS
ELSE
Begin
EPS:=(3.5*(AFL-DELTAP))/(1000*AFL);
SIGPS:=200000*EPS
End;
End;

```

```

PROCEDURE AFNOR_Acier_tendu_Comprime_TE;
BEGIN
MN:=M-(SIGB*(B-BO)*HO*(D-HO/2))*1E-3;
MU:=(MN*1000)/(SIGB*BO*sqr(D));
If MU<=MUL THEN
BEGIN
CLRSCR;HIGHVIDEO; GOTOXY(10,15);
Write('ON PEUT DIMENSIONNER COMME UNE POUTRE EN TÉ SIMPEMENT ARMÉE');
REPEAT UNTIL BARRE_ESPACEMENT;
Afnor_armature_tendue_TE_simple;
Afnor_Impression_TE_simple;
END
ELSE
Begin
MF1:=(MUL*sigb*BO*sqr(D)*1E-3)+(SIGB*(B-BO)*HO*(D-HO/2)*1E-3);
MF2:=M-MF1;
Afnor_Recherche_Contrainte_Compression_TE;
If MF2>=(0.4*M) THEN MF2:=0.4*M;
AP:=(MF2*1000)/((D-DP)*SIGPS);
A:=(MUL*SIGB*BO*D)/(BEL*SIGS)+(SIGB*(B-BO)*HO)/SIGS+(AP*SIGPS)/SIGS ;
AFNOR_IMPRESSION_DOUBLEMENT_TE;
End;
END;

```

```

PROCEDURE AFNOR_DESIGN_TE_DOUBLEMENT_PRINCIPAL4;
BEGIN
ClrScr;
ReverseVideo(True);
CentrageMessage('DIMENSIONNEMENT DE POUTRE EN TE
DOUBLEMENT ARMEE ',15);
ReverseVideo(False);
Repeat Until BARRE_ESPACEMENT;
Afnor_saisie_poutre_en_te_doublement;
Afnor_Valeurs_limites_des_coefficients;
Afnor_acier_tendu_comprime_TE;
END;

```

```

      BEGIN
      ClrScr;
      Cadre(12,10,23,70,'B',2,14);
      ReverseVideo(True);
      GotoXY(12,13); Write('1. POUTRE RECTANGULAIRE SIMPLEMENT ARMÉE ');
      GotoXY(12,15); Write('2. POUTRE RECTANGULAIRE DOUBLEMENT ARMÉE ');
      GotoXY(12,17); Write('3. POUTRE EN TÉ SIMPLEMENT ARMÉE ');
      GotoXY(12,19); Write('4. POUTRE EN TÉ DOUBLEMENT ARMÉE ');
      GotoXY(12,21); Write('5. RETOUR AU MENU ');
      ReverseVideo(False);
      CentrageMessage('ANNONCER VOTRE CAS --> (1, 2,3,4 ou 5) ',24);
      LireEntierXY(68,24,1,5,CK);
      Delay(600);

      CASE CK OF
      1: AFNOR_DESIGN_RECT_SIMPLE_PRINCIPAL1;
      2: AFNOR_DESIGN_RECT_DOUBLEMENT_PRINCIPAL2;
      3: AFNOR_DESIGN_TE_SIMPLE_PRINCIPAL3;
      4: AFNOR_DESIGN_TE_DOUBLEMENT_PRINCIPAL4;
      5: HALT;
      END; ( Du CASE Key OF )
END.

```

Références bibliographiques

- 1°) Béton armé, calcul aux états limites, théorie et pratiques
par ARAM SAMIKIAN ; 2^e édition (édition Gaëtan Morin).
- 2°) Concrete design Handbook, CANADIAN PORTLAND CEMENT
ASSOCIATION, OTTAWA, ONTARIO, 1985.
- 3°) Calcul de charpente en béton par LAURENT LABONTE, Modulo
Editeur 1988.
- 4°) Calcul pratique du béton armé, Règles BAEL83 par GEORGES
DREUX 4^e édition Eyrolles 1988.
- 5°) Calcul des ouvrages en béton armé suivant les règles BAEL80,
Théorie et Applications par PIERRE CHARON, Eyrolles 1983
- 6°) Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages
de construction en béton armé suivant la méthode des états
limites. Règles BAEL83, Juillet 1985.
- 7°) Cours supérieur de béton armé, Règles BAEL80 par PAUL
DINNEQUIN. Eyrolles 1982.

	Aire des barres en mm ² par cm de largeur des dalles					
dimension des barres n°	10	15	20	25	30	35
diamètre nominal en mm	11.3	16.0	19.5	25.2	29.9	35.7
aire d'une barre en mm ²	100	200	300	500	700	1000
espacement des barres en mm						
80	1250	2500	3750	6250	8750	12500
100	1000	2000	3000	5000	7000	10000
120	833	1667	2500	4167	5833	8333
140	714	1429	2143	3571	5000	7143
160	625	1250	1875	3125	4375	6250
180	556	1111	1667	2778	3889	5556
200	500	1000	1500	2500	3500	5000
220	455	909	1364	2273	3182	4545
240	417	833	1250	2083	2917	4167
260	385	769	1154	1923	2692	3846
280	357	714	1071	1786	2500	3571
300	333	667	1000	1667	2333	3333
320	313	625	938	1563	2188	3125
340	294	588	882	1471	2059	2941
360	278	556	833	1389	1944	2778
380	263	526	789	1316	1842	2632
400	250	500	750	1250	1750	2500
420	238	476	714	1190	1667	2381
440	227	455	682	1136	1591	2273
460	217	435	652	1087	1522	217
480	208	417	625	1041	1458	2083
500	200	400	600	1000	1400	2000

Tableau 9.1