

# Résumé sous forme d'organigrammes de la norme BAEL

Préparé par :

Ingénieur : Zakariae EL KOMIRY

E-mail : [el.komiry@gmail.com](mailto:el.komiry@gmail.com)



2015

# INTRODUCTION

Ce travail consiste à faire un résumé sous forme d'organigrammes de la norme Béton Armé à l'Etat Limite 'BAEL'.

Il se base sur plusieurs objectifs :

- Il sert à un guide de calcul et de dimensionnement en béton armé :
  - ✓ Dimensionnement et redimensionnement de tous les éléments porteurs d'un bâtiment (plancher, poutres, poteaux, semelles...).
- Il sert à un guide utile de calcul et de vérification lors du suivi des travaux au chantier.
  - ✓ Calcul manuel des éléments en doute.
  - ✓ Etude de la crédibilité des solutions proposées en chantier.

CHAPITRE I :

# Adhérence acier-béton

# I- Ancrage des armatures

## 1- Contrainte limite d'adhérence

$$\tau_{su} = 0,6 \Psi_s^2 f_{tj}$$

Avec  $\Psi_s$  : coefficient de scellement =  $\begin{cases} 1 & \text{rond lisse (RL)} \\ 1.5 & \text{haute adhérence (HA)} \end{cases}$

$f_{tj}$  : Résistance à la traction du béton à j jours  $f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$

## 2- Ancrage rectiligne

### 2-1 barre isolée tendue

La longueur de scellement  $L_s$ : c'est la longueur nécessaire pour assurer un ancrage total sous contrainte d'adhérence  $\tau_{su}$

$$L_s = \frac{\emptyset f_e}{4 \tau_{su}}$$

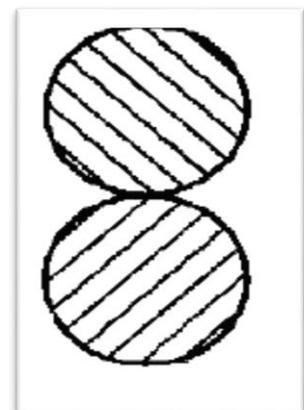
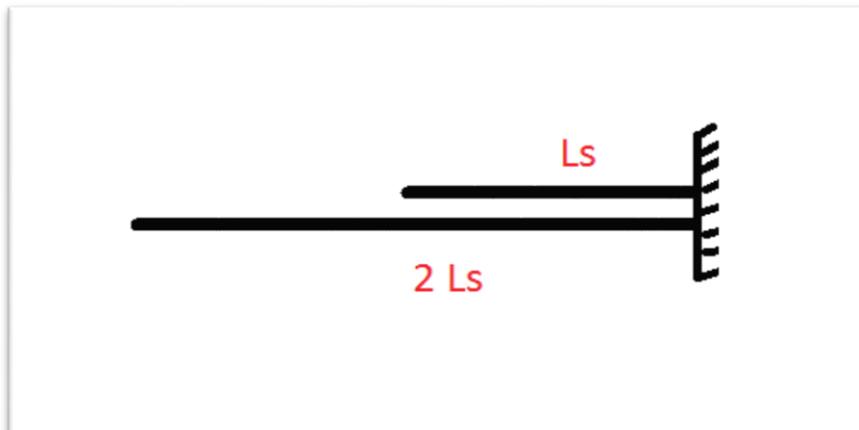
Avec  $\emptyset$  : diamètre de l'acier

$f_e$  : Limite d'élasticité d'acier en MPa

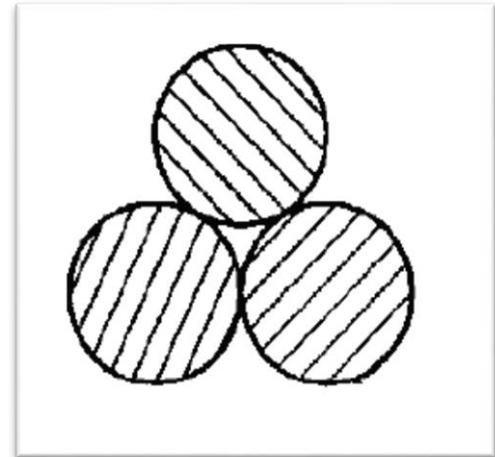
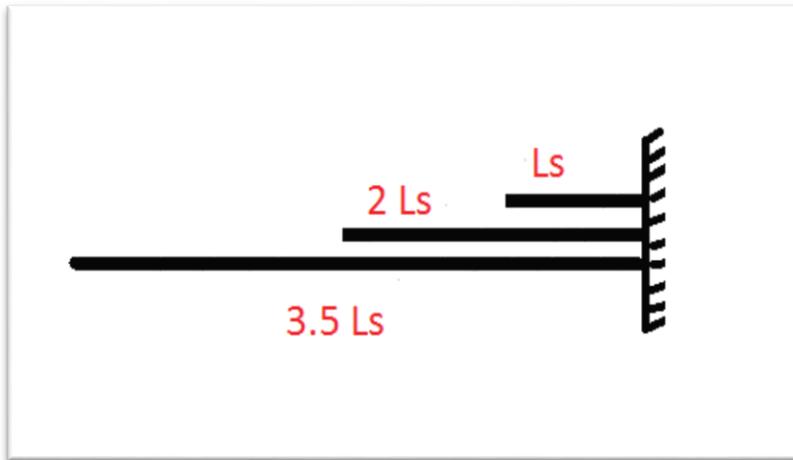
**Rq** : pour des calculs précis on adopte les valeurs suivantes :

$$L_s = \begin{cases} 40\emptyset \text{ barre HA pour } f_e = 400\text{MPa} \\ 50\emptyset \text{ barre HA pour } f_e = 500\text{MPa} \\ 50\emptyset \text{ barre RL} \end{cases}$$

### 2-2 paquets de 2 barres de mêmes diamètres



## 2-Paquets de 3 barres de mêmes diamètres



## 3- Ancrage courbe des barres tendues

Par manque de place,  $L_s >$  coté de poteau del'appui de rive, on est obligé d'avoir recours à l'ancrage courbe.

✓ Les parties AB et CD sont des parties rectilignes

La partie BC est une partie courbe

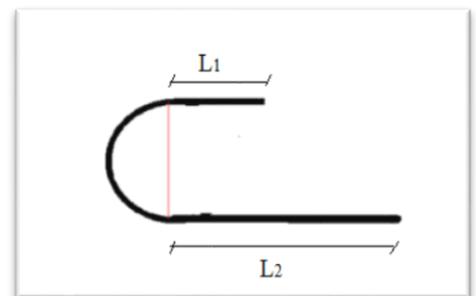
Donc la longueur de scellement droite donnée par la relation

$$L_s = \alpha L_1 + L_2 + \beta R$$

Avec  $R$  : rayon de courbure minimal

Pour les armatures longitudinales

$$\begin{cases} R \geq 3\phi \text{ pour RL} \\ R \geq 5.5\phi \text{ pour HA} \end{cases}$$



Pour les armatures transversales  $\begin{cases} R \geq 2\phi \text{ pour RL} \\ R \geq 3\phi \text{ pour HA} \end{cases}$

✓  $\alpha$  et  $\beta$  sont des coefficients qui dépendent de coefficient de frottement  $\varphi = 0.4$  et l'angle  $\theta$

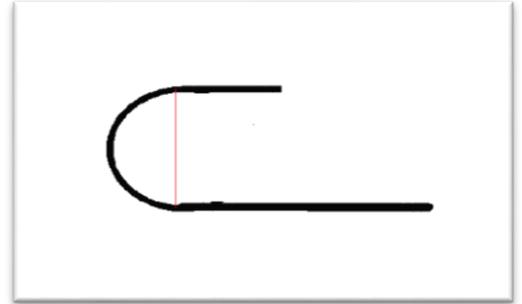
$\Theta$	$90^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$
$\alpha = e^{\varphi\theta}$	1.87	2.31	2.57	3.51
$\beta = \frac{e^{\varphi\theta} - 1}{\varphi}$	2.19	3.24	4.62	6.28

## Application sur le crochet courant

On utilise le plus couramment :

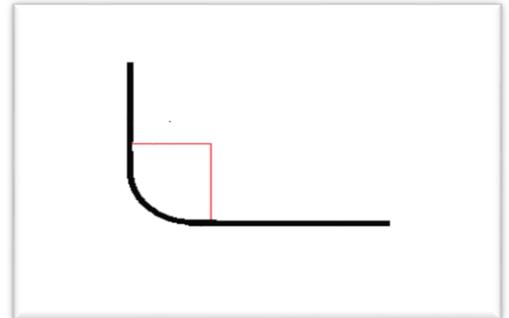
**Crochets normal  $\theta = 180^\circ$**

$$L_s = 3.51 L_1 + L_2 + 6.28 R$$



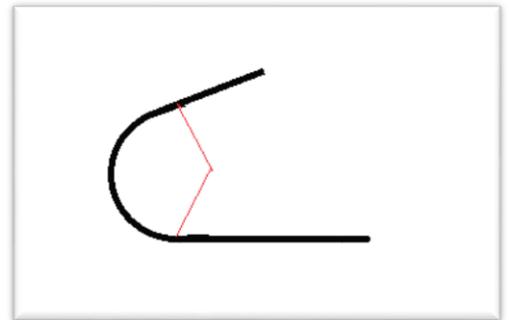
**Crochets à  $\theta = 90^\circ$**  (recommandation RPS)

$$L_s = 1.87 L_1 + L_2 + 2.19 R$$



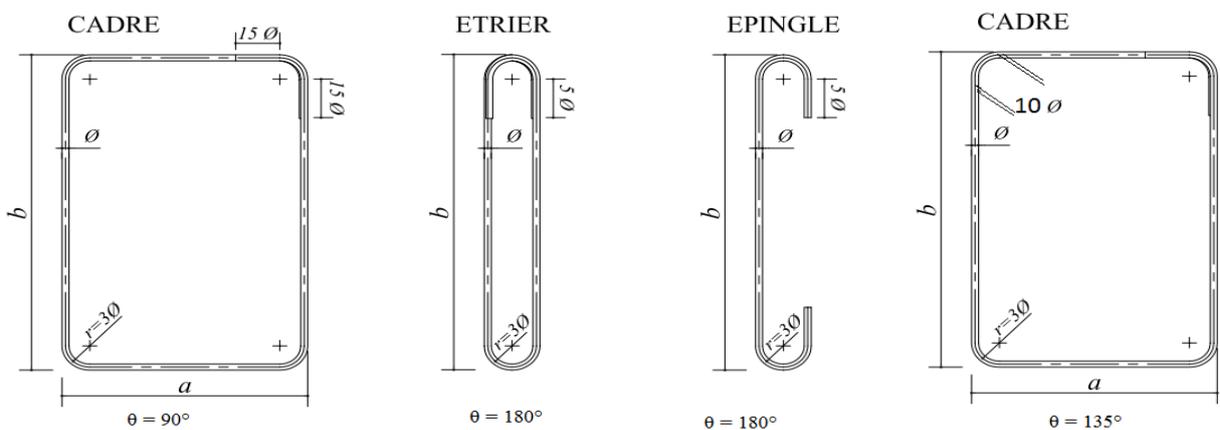
**crochets à  $\theta = 135^\circ$**

$$L_s = 2.57 L_1 + L_2 + 3.92R$$



## 4- Ancrage des cadres

Pour assurer l'ancrage total des cadres ; épingles ou étriers, les parties courbes sont prolongées par des parties rectilignes en fonction de l'angle  $\theta$

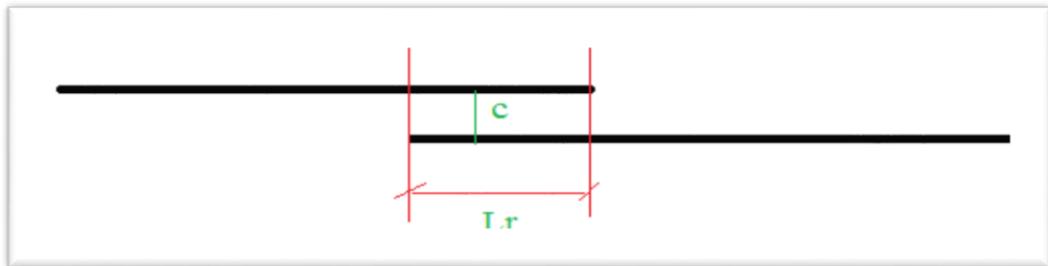


## 5- Jonction par recouvrement

On aura besoin lorsque la longueur de la barre dépasse la longueur commerciale.

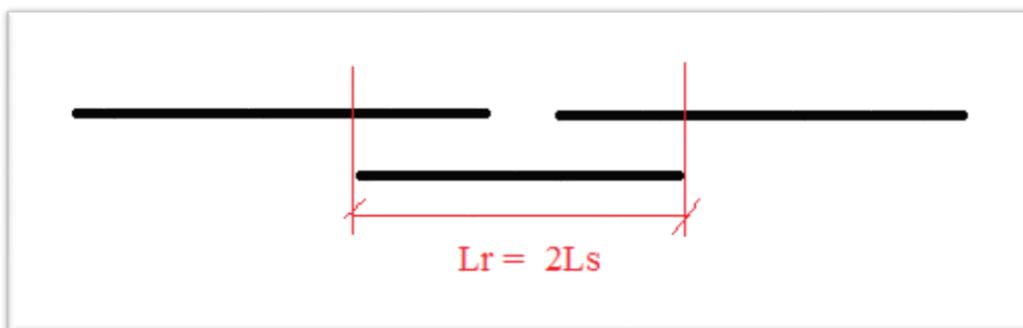
### 5-1 barre rectiligne

- a- Barre tendue - continuité par simple recouvrement  
Soit 2 barres de même type et de même diamètres



$$L_s = \begin{cases} L_s + c & \text{pour } c \geq 5\phi \\ L_s & \text{pour } c < 5\phi \end{cases}$$

- b- Barre tendue – continuité par couvre joint



- c- Barre comprimée – continuité par simple recouvrement

Pour 2 barres de mêmes diamètres, la longueur de recouvrement est :

$$L_r = 0.6 L_s$$

CHAPITRE II :

# Traction simple – le tirant

- ✓  $N_u = 1.35 G + 1.5 Q$
- ✓  $N_{ser} = G + Q$
- ✓  $B = h b$
- ✓  $f_{c28}$
- ✓  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28}$
- ✓  $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}; \gamma_s = 1.15$

Fissuration peu préjudiciable

Fissuration préjudiciable

Fissuration très préjudiciable

$$\bar{\sigma}_{st} = f_e$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \max \left( \frac{f_e}{2}, 110 \sqrt{\eta f_{t28}} \right) \right\}$$

Avec  $\eta = 1.6$  pour HA  
 $\eta = 1$  pour RL

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{1}{2} f_e, 90 \sqrt{\eta f_{t28}} \right\}$$

Avec  $\eta = 1.6$  pour HA  
 $\eta = 1$  pour RL

ELU

$$A_u = \frac{N_u}{f_{su}}$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = \frac{B f_{t28}}{f_e}$$

ELS

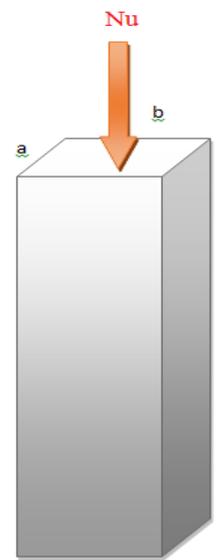
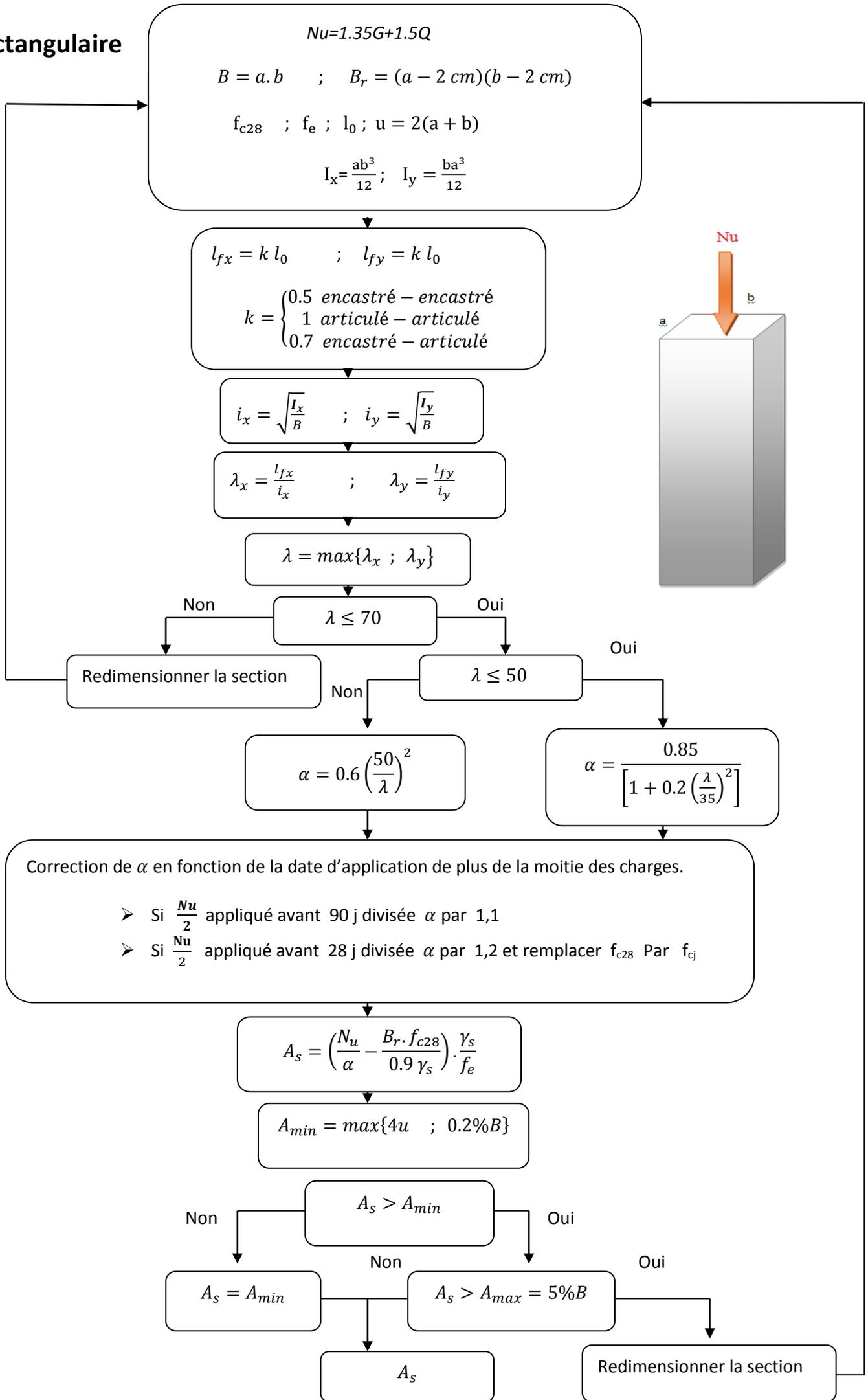
$$A_{ser} = \frac{A_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_s = \max \{ A_u; A_{min}; A_{ser} \}$$

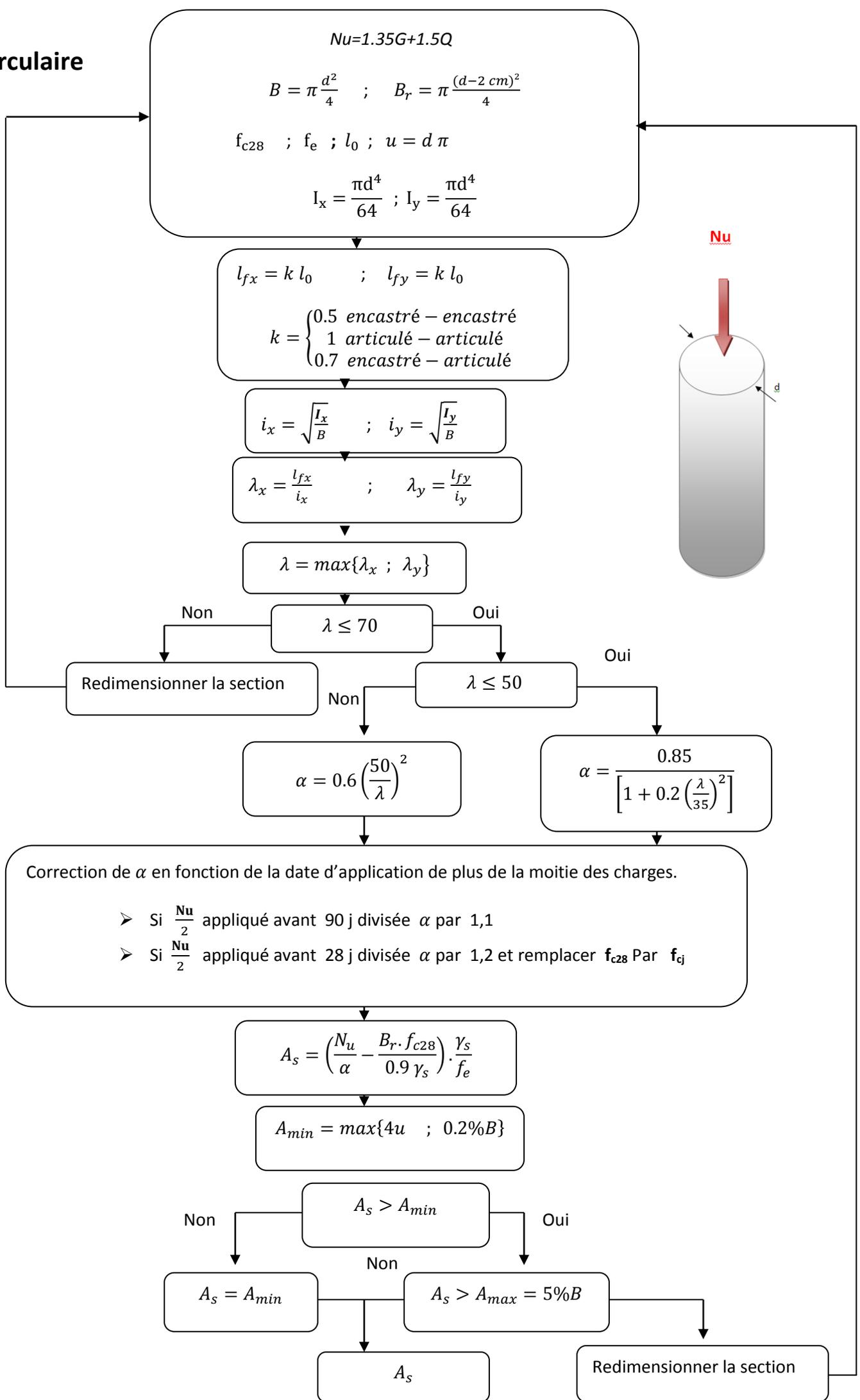
CHAPITRE III :

# Compression simple

# Poteau rectangulaire



# Poteau circulaire



# Exécution

**Diamètre transversale :**

$$\frac{\phi_{lmax}}{3} \leq \phi_t \leq 12 \text{ mm}$$

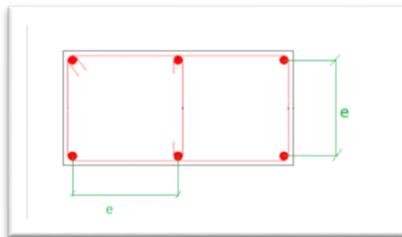
**Longueur de scellement**

$$L_s = \frac{\phi_{max} f_e}{4 \tau_{su}}$$

**Longueur de recouvrement**

$$L_r = 0.6L_s$$

**Espacement**



**Zone de recouvrement**

$$S_t = \frac{L_r - 4\phi_t}{2}$$

**Zone courant**

$$S_t \leq \min \begin{cases} 15\phi_{lmin} & \text{si } A_s > A_{min} \\ 40 \text{ cm} \\ a + 10 \end{cases}$$

Avec  $a$  c'est la plus petite dimension transversale dans le plan de flambement

**Écartements :**

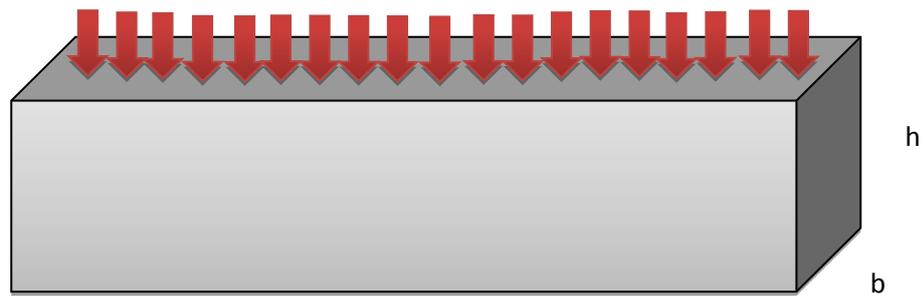
$$e \leq \begin{cases} 15\phi & \text{si } A_s > A_{min} \\ 40 \text{ cm} \\ a + 10 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Sur chaque face}$$

Avec  $a$  c'est la plus petite dimension transversale

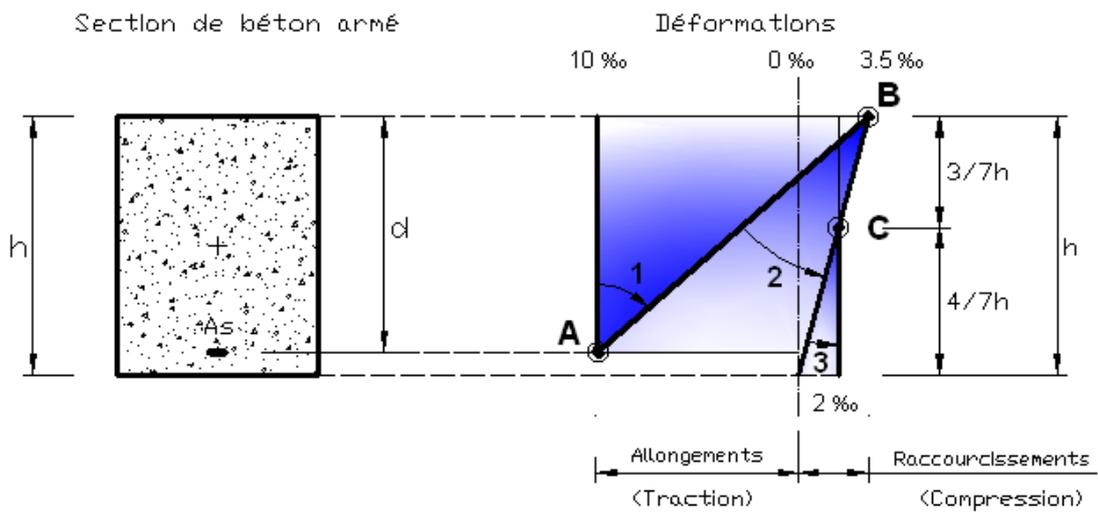
CHAPITRE IV:

# Flexion simple

# I- section rectangulaire



## Les pivots



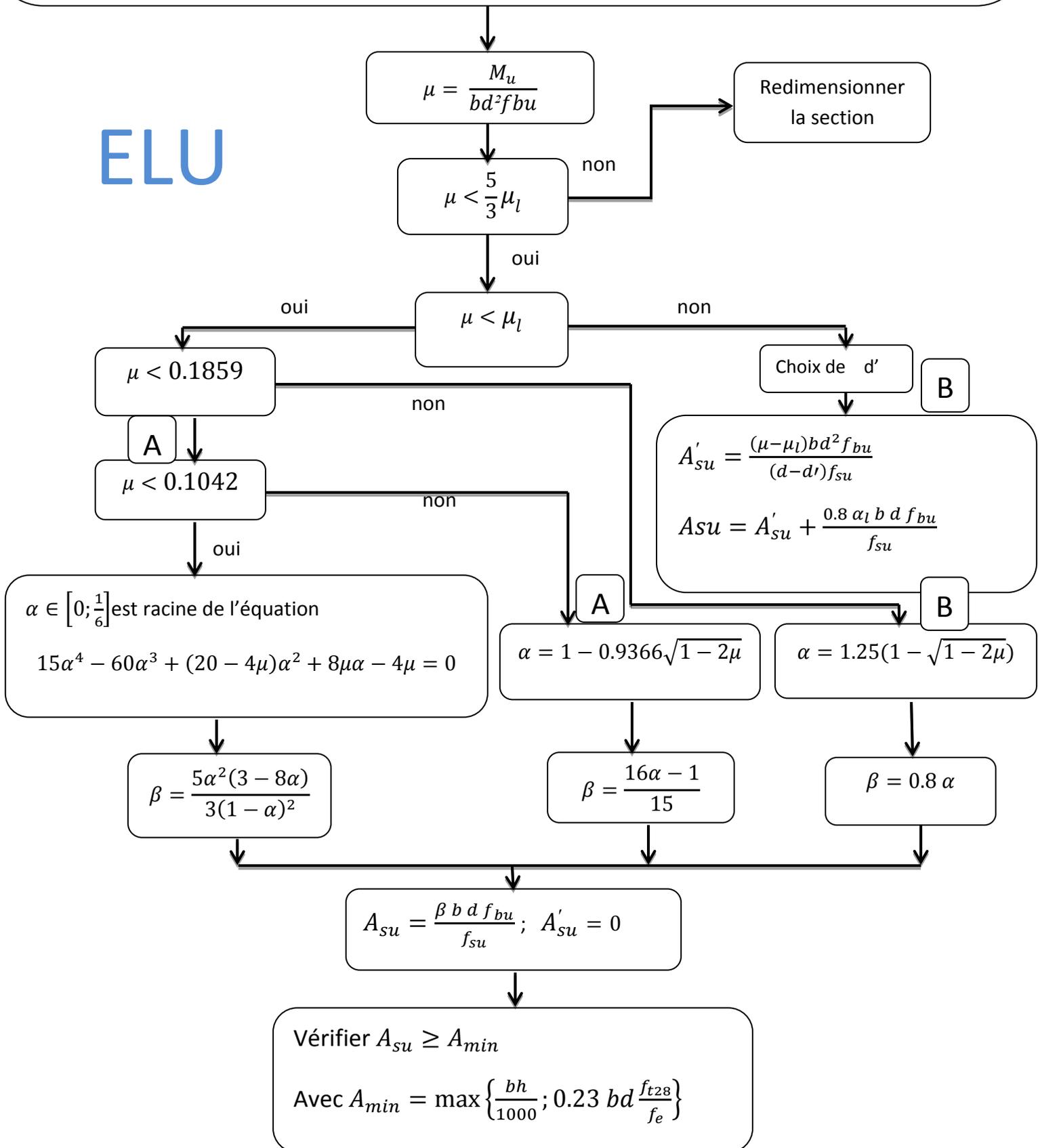
$M_u$  ;  $h$  ;  $b$  ;  $d=0.9 h$  ;  $d'=0.11 d$  ;  $\gamma_s = 1.15$  ;  $\gamma_b = 1.5$  ;  $f_{c28}$  ;  $f_e$  ;

$\theta = \begin{cases} 1 & \text{si } t > 24 h \\ 0.9 & \text{si } 1 h \leq t \leq 24 h \\ 0.85 & \text{si } t < 1 h \end{cases}$   $\theta$  Est en fonction de la durée (t) d'application des combinaisons d'action

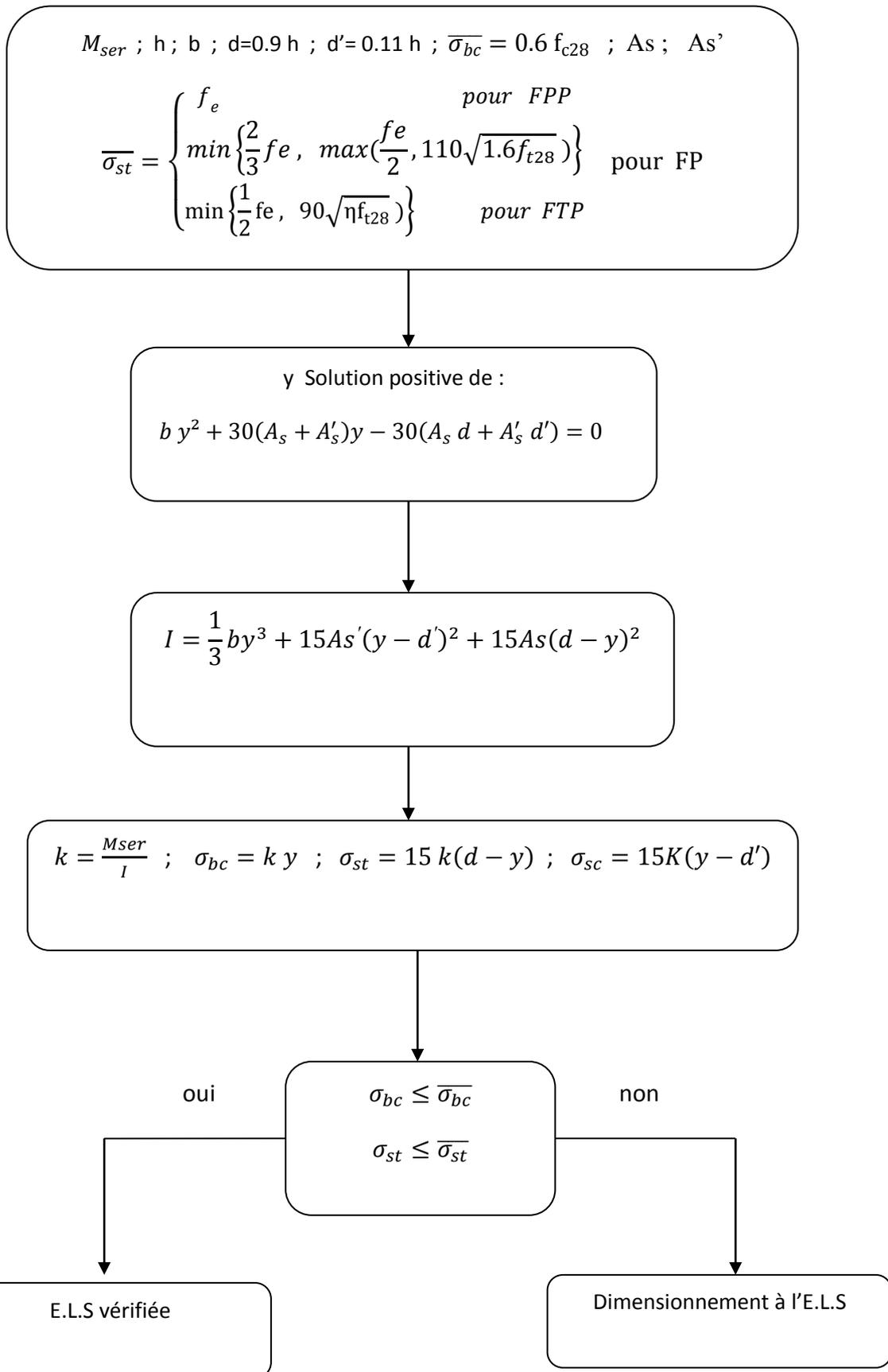
$$f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \gamma_b} ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} ; E = 2.1 \times 10^5 MPa ; \varepsilon_l = \frac{f_e}{\gamma_s E} (0/00) ; \alpha_l = \frac{7}{7+2\varepsilon_l} ;$$

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

ELU



## Vérification à E.L.S



## Flexion simple à l'E.L.S d'une section rectangulaire

$$M_{Ser}; h; b; d=0.9 h; d'=0.11 d; \bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \begin{cases} f_e & \text{pour FPP} \\ \min\left\{\frac{2}{3}f_e, \max\left(\frac{f_e}{2}, 110\sqrt{1.6f_{t28}}\right)\right\} & \text{pour FP} \\ \min\left\{\frac{1}{2}f_e, 90\sqrt{\eta f_{t28}}\right\} & \text{pour FTP} \end{cases}$$

$$\delta = \frac{d'}{d}; \mu_1 = \frac{M_{ser}}{b d^2 \bar{\sigma}_{st}}; \alpha = \frac{y}{d}; \alpha_s = \frac{15 \bar{\sigma}_{bc}}{15 \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}; \mu_s = \frac{\alpha_s^2 (1 - \frac{\alpha_s}{3})}{30 (1 - \alpha_s)}$$

$$\mu_1 \leq \mu_s$$

Oui

non

$\alpha_1$  Racine unique  $\in [0,1]$

$$\alpha_1^3 - 3\alpha_1^2 - 90\mu_1\alpha_1 + 90\mu_1 = 0$$

$$A'_s = 0 \quad \text{et} \quad A_s = \frac{\alpha_1^2}{30(1 - \alpha_1)} b d$$

$$A'_s = \frac{(\mu_1 - \mu_s)(1 - \alpha_s)}{(\alpha_s - \delta)(1 - \delta)} b d$$

$$A_s = \frac{30(1 - \alpha_s)(\mu_1 - \mu_s) + \alpha_s^2(1 - \delta)}{30(1 - \alpha_s)(1 - \delta)} b d$$

## II- Section en T

### Flexion simple d'une section en T à l'E.L.U

$$\theta = \begin{cases} 1 & \text{si } t > 24 \text{ h} \\ 0.9 & \text{si } 1 \text{ h} \leq t \leq 24 \text{ h} \\ 0.85 & \text{si } t < 1 \text{ h} \end{cases} \quad \theta \text{ Est en fonction de la durée (t) d'application des combinaisons d'action}$$

$$f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \gamma_b}; \quad f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

$$M_0 = b h_0 f_{bu} \left( d - \frac{h_0}{2} \right)$$

oui

$$M_u \leq M_0$$

non

Section en T

Appliquer l'organigramme d'une section rectangulaire :  $b \times h$

$$A_s ; A'_s$$

$$\bar{M}_u = M_u - \frac{M_0(b - b_0)}{b}$$

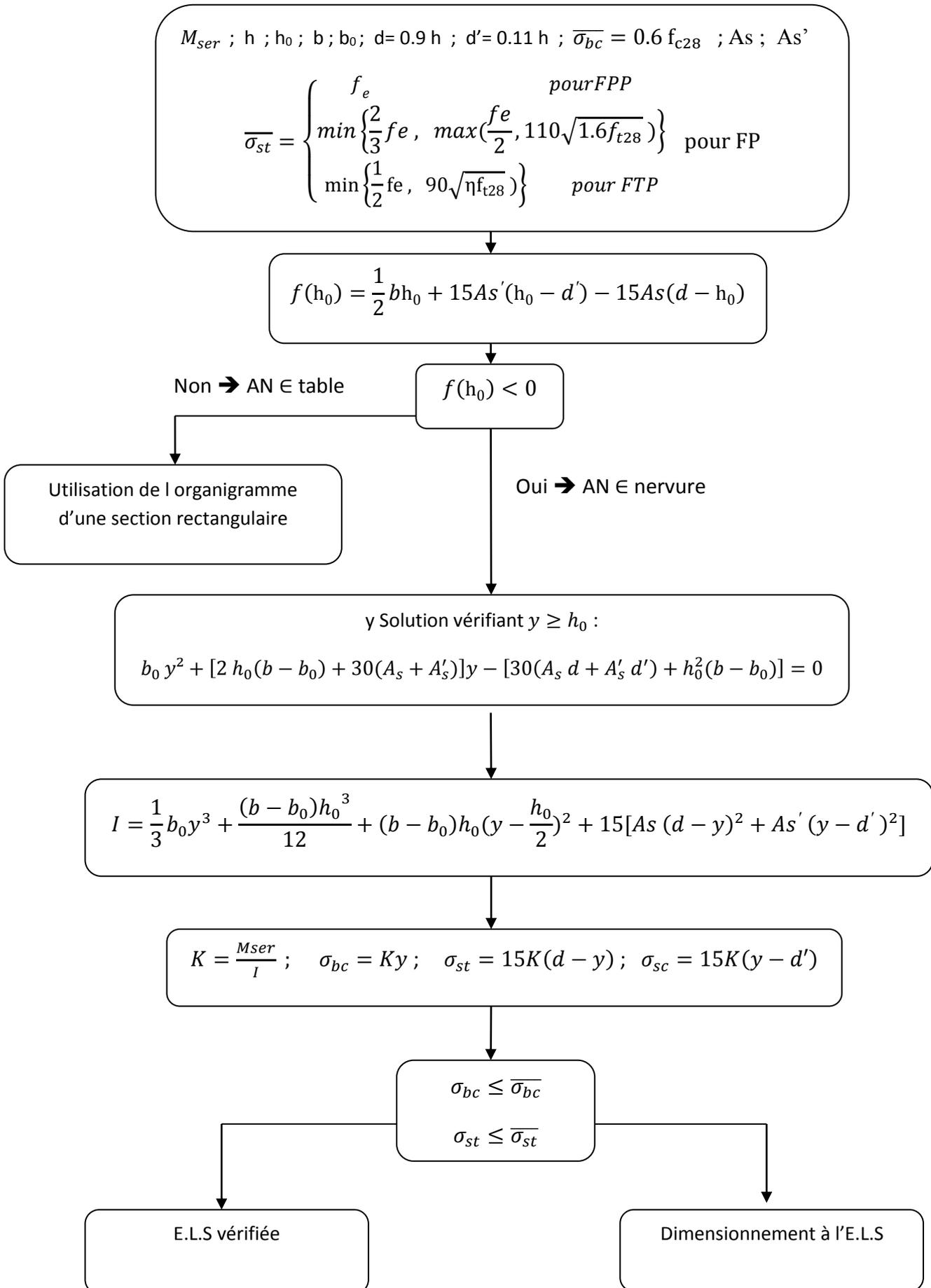
Appliquer l'organigramme d'une section rectangulaire  $b_0 \cdot d ; \bar{M}_u$

$$\Rightarrow \bar{A}_s \text{ et } \bar{A}'_s$$

$$A_s = \frac{[\bar{A}_s f_{su} + (b - b_0) h_0 f_{bu}]}{f_{su}}$$

$$A'_s = \bar{A}'_s$$

## Vérification à E.L.S d'une section en T



## Flexion simple à l'E.L.S d'une section en T

$$M_{ser} ; h ; h_0 ; b ; b_0 ; d=0.9 h ; d'=0.11 h ; \bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \begin{cases} f_e & \text{pour FPP} \\ \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \max \left( \frac{f_e}{2}, 110 \sqrt{1.6 f_{t28}} \right) \right\} & \text{pour FP} \\ \min \left\{ \frac{1}{2} f_e, 90 \sqrt{\eta f_{t28}} \right\} & \text{pour FTP} \end{cases} ; \quad M_0 = \frac{\bar{\sigma}_{st} \left( d - \frac{h_0}{3} \right)}{30 (d - h_0)} b h_0^2$$

$$\text{Non} \quad M_{ser} \leq M_0 \quad \text{oui}$$

Appliquer l'organigramme  
d'une section rectangulaire  
 $b \times h$

$$\mu_1 = \frac{M_{ser}}{b_0 d^2 \bar{\sigma}_{st}} ; \gamma = \frac{h_0}{\alpha} ; \theta = \frac{b}{b_0} ; \delta = \frac{d'}{d} ; \alpha_s = \frac{15 \bar{\sigma}_{bc}}{15 \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\mu_s = \frac{\gamma(\theta - 1)[3 \alpha_s(2 - \gamma) + \gamma(2\gamma - 3)] + \alpha_s^2(3 - \alpha_s)}{90(1 - \alpha_s)}$$

$$\text{Oui} \quad \mu_1 \leq \mu_s \quad \text{Non}$$

$$A'_s = \frac{(\mu_1 - \mu_s)(1 - \alpha_s)}{(\alpha_s - \delta)(1 - \delta)} b_0 d$$

$$A_s = \frac{30(1 - \alpha_s)(\mu_1 - \mu_s) + [\alpha_s^2 + \gamma(\theta - 1)(2\alpha_s - \gamma)](1 - \delta)}{30(1 - \alpha_s)(1 - \delta)} b_0 d$$

$\alpha_1$  racine unique  $\in ]0,1[$

$$\alpha^3 - 3\alpha^2 - [90\mu_1 + 3\gamma(2 - \gamma)(\theta - 1)]\alpha + 90\mu_1 - \gamma^2(\theta - 1)(2\gamma - 3) = 0$$

$$A'_s = 0$$

$$A_s = \frac{\alpha_1^2 + \gamma(\theta - 1)(2\alpha_1 - \gamma)}{30(1 - \alpha_1)} b_0 d$$

CHAPITRE V:

# Effort tranchant

$q_u$  ;  $V_u$  ;  $d$  ;  $\gamma_b = 1.5$  ;  $\gamma_s = 1.15$  ;  $f_e$  ;  $f_{cj}$  ;  $f_{tj} = 0.6 + 0.06f_{cj}$  ;  $\alpha$  ;

$$\bar{b} = \begin{cases} b & \text{section rectangulaire} \\ b_0 & \text{section en T} \end{cases}$$

$$\bar{\tau}_u = \begin{cases} \min \left\{ 0.20 \frac{f_{cj}}{\gamma_b} ; 5 \text{ MPa} \right\} & \text{pour FPP} \\ \min \left\{ 0.15 \frac{f_{cj}}{\gamma_b} ; 4 \text{ MPa} \right\} & \text{pour FP ou FTP} \end{cases}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{\bar{b}d}$$

non

oui

Redimensionner la section

$$\tau_u < \bar{\tau}_u$$

$$\phi_t = \frac{\phi_{tmax}}{3} ; \phi_t \leq \min \left\{ \phi_{tmin} , \frac{h}{35} , \frac{\bar{b}}{10} \right\}$$

$$A_t = n \times \frac{\pi \phi_t^2}{4} \text{ avec } n : \text{Nombre de Brins}$$

$$k = \begin{cases} 0 & \text{en cas de reprise de bétonnage ou la FTP} \\ 1 & \text{en flexion simple sans reprise de bétonnage ou reprise à indentation } \geq 5\text{mm de hauteur} \\ 1 + \frac{3 \frac{N_u}{B}}{f_{c28}} & \text{en flexion composée avec copression ; } B = \text{section de béton.} \\ & N_u \text{ effort normal applique aux centre de beton seul} \\ 1 - \frac{10 \frac{N_u}{B}}{f_{c28}} & \text{en flexion composée avec traction ;} \end{cases}$$

$$S_t = \frac{0.9 A_t f_e (\sin \alpha + \cos \alpha)}{\gamma_s \bar{b} (\tau_u - 0.3 k f_{tj})}$$

$$S_t \leq \frac{A_t f_e}{0.4 \bar{b}} \text{ La condition de non - fragilité}$$

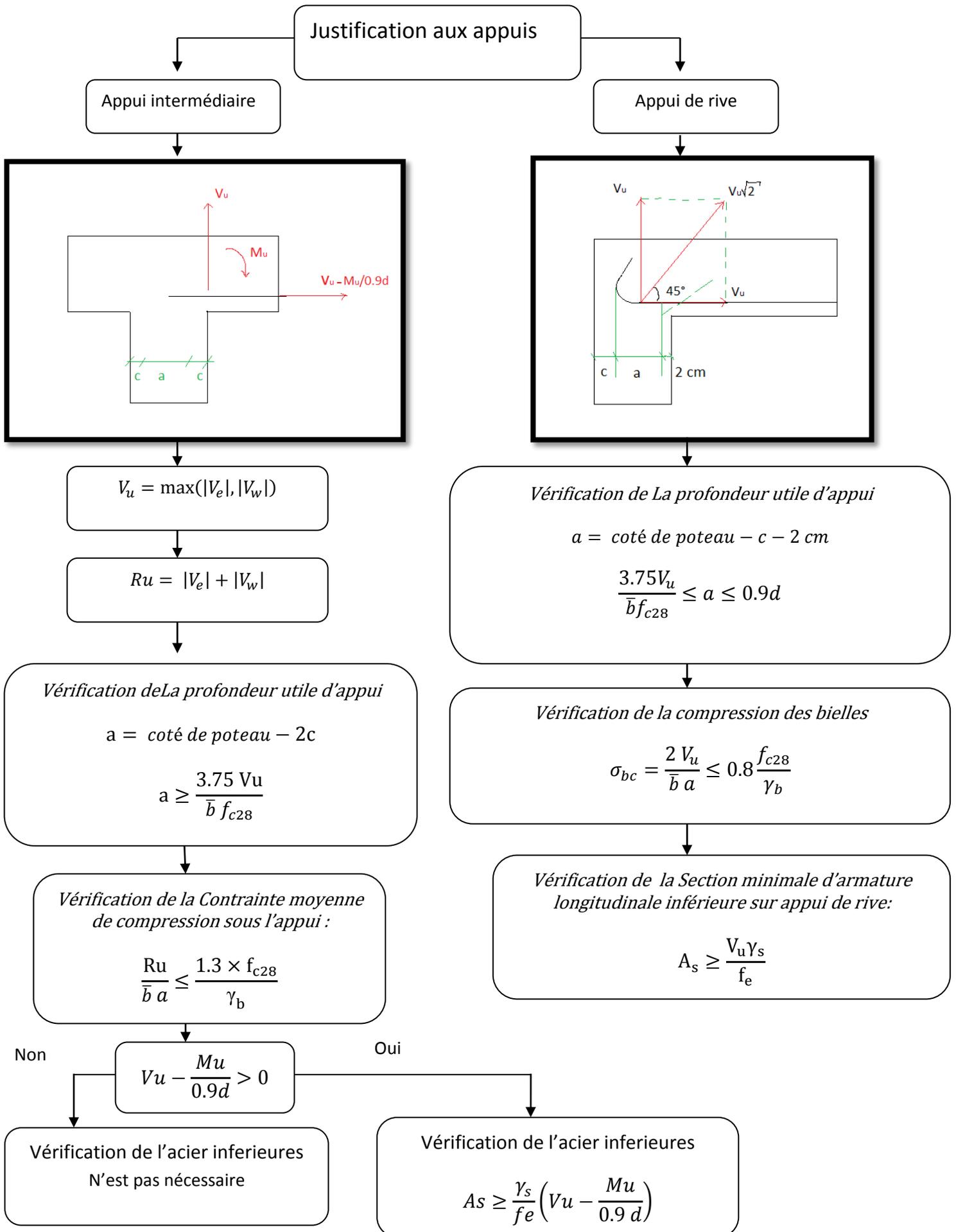
$$S_t \leq S_{tmax} = \min( 0.9d ; 40\text{cm}, 15\phi'_{tmin} \text{ si } A's \neq 0) \text{ Espacement maximale}$$

Position de premier cours à une distance  $\frac{S_t}{2}$  de l appui

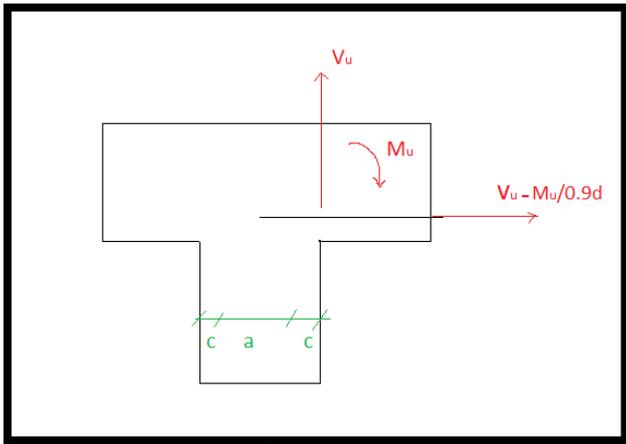
Pour faire la répartition des armatures transversales, on utilise la série de Caquot  
2,5 ; 5 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 13 ; 16 ; 20 ; 25 ; 35 ; 40 cm.

Le nombre de répétitions des armatures transversales est :  $\frac{L}{2}$

# Justification aux appuis



Appui intermédiaire



$$V_u = \max(|V_e|, |V_w|)$$

$$R_u = |V_e| + |V_w|$$

Vérification de la profondeur utile d'appui

$$a = \text{coté de poteau} - 2c$$

$$a \geq \frac{3.75 V_u}{\bar{b} f_{c28}}$$

Vérification de la Contrainte moyenne de compression sous l'appui :

$$\frac{R_u}{\bar{b} a} \leq \frac{1.3 \times f_{c28}}{\gamma_b}$$

Non

$$V_u - \frac{M_u}{0.9d} > 0$$

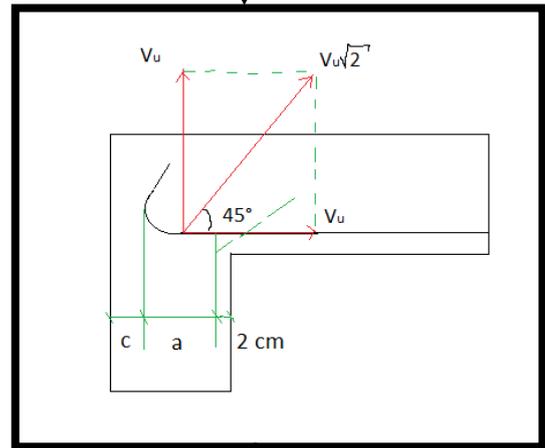
Oui

Vérification de l'acier inférieures  
N'est pas nécessaire

Vérification de l'acier inférieures

$$A_s \geq \frac{\gamma_s}{f_e} \left( V_u - \frac{M_u}{0.9d} \right)$$

Appui de rive



Vérification de la profondeur utile d'appui

$$a = \text{coté de poteau} - c - 2 \text{ cm}$$

$$\frac{3.75 V_u}{\bar{b} f_{c28}} \leq a \leq 0.9d$$

Vérification de la compression des bielles

$$\sigma_{bc} = \frac{2 V_u}{\bar{b} a} \leq 0.8 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

Vérification de la Section minimale d'armature longitudinale inférieure sur appui de rive:

$$A_s \geq \frac{V_u \gamma_s}{f_e}$$

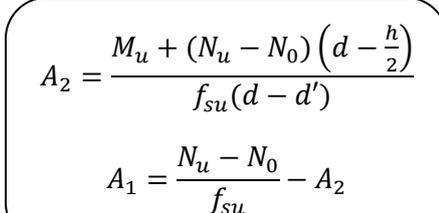
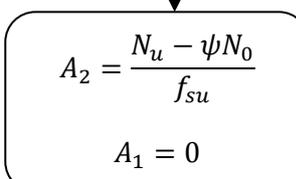
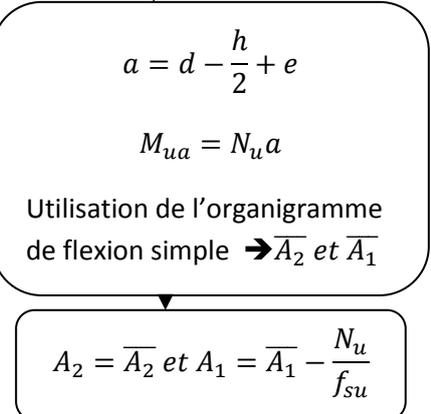
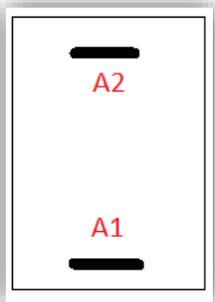
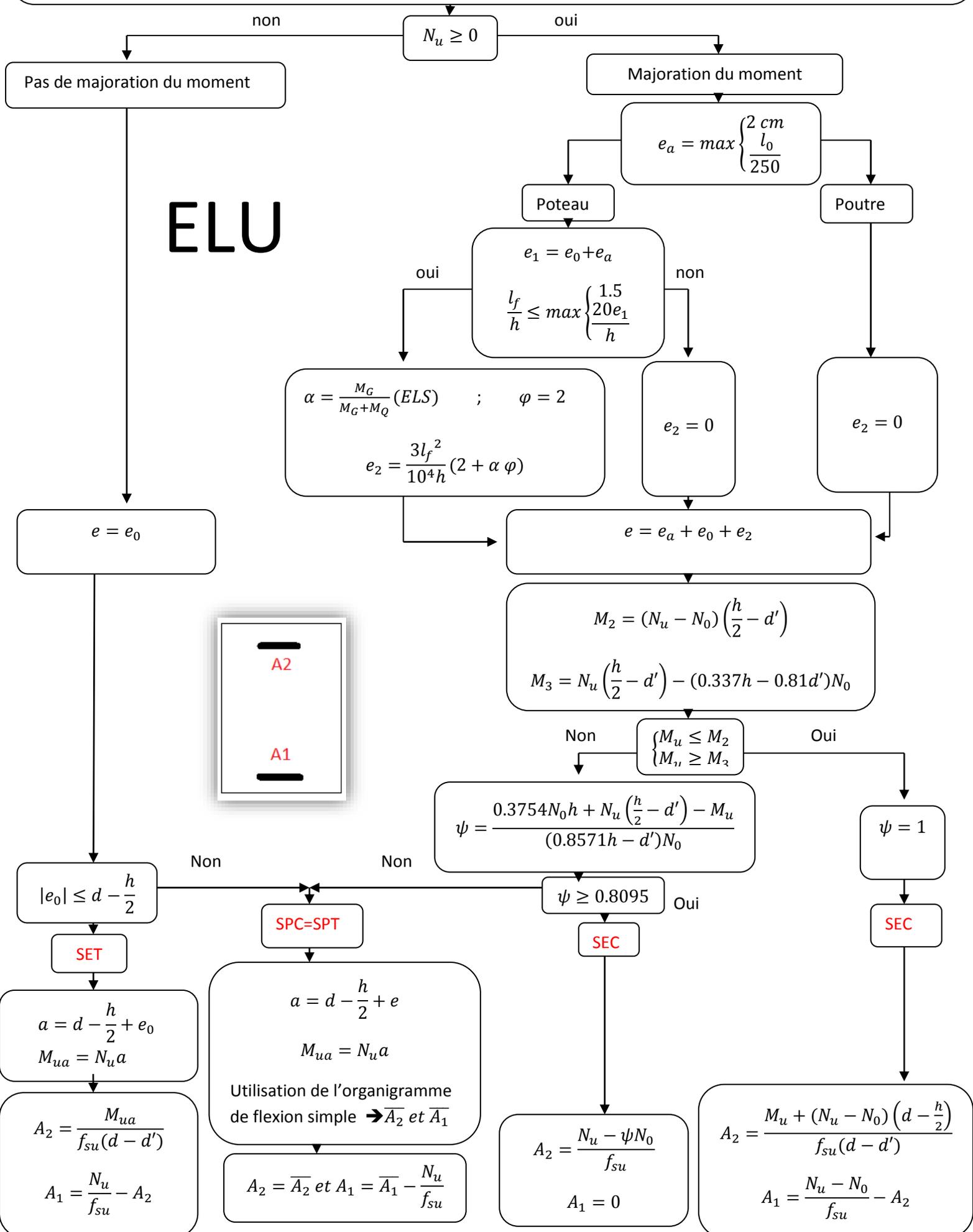
CHAPITRE VI:

# Flexion composée

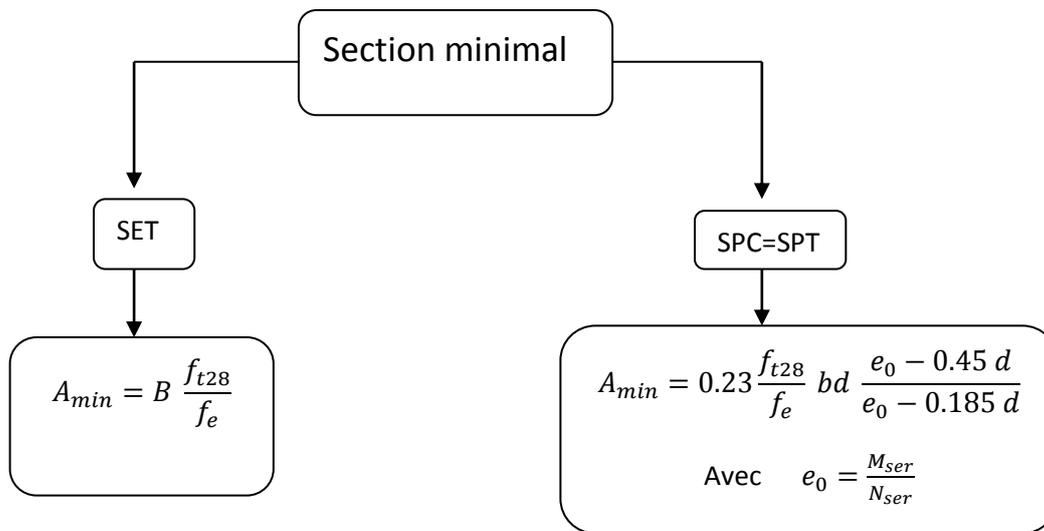
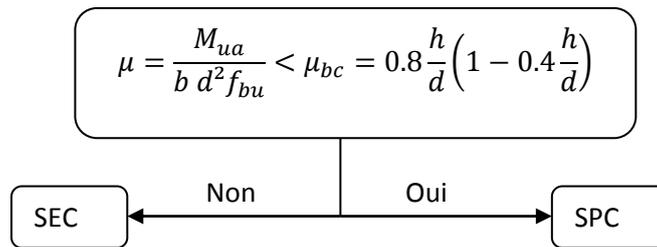
$$M_u ; N_u ; e_0 = \frac{M_u}{N_u} ; b ; h ; d = 0.9h ; d' = 0.11d ; f_{c28} ; f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} ; \gamma_s = 1.15 ; \gamma_b = 1.5 ; \theta$$

$$f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} \quad f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \gamma_b} ; B ; N_0 = b h f_{bu} ; l_f = k l_0 ; k = \begin{cases} 0.5 & \text{encastré - encastré} \\ 1 & \text{articulé - articulé} \\ 0.7 & \text{encastré - articulé} \end{cases}$$

# ELU



Remarque :



CHAPITRE VII :

# Calcul des dalles en béton arme

# Calcul des dalles en BA

$L_x$  : Petite portée

$L_y$  : Grande portée

$$\alpha = \frac{L_x}{L_y}$$

## Dalle portant dans un seul sens si :

- Appuis seulement sur 2 cotés
- Appuis sur 4 cotés avec  $\alpha < 0.4$

## L'épaisseur de la dalle :

- dalle isolée :  $h \geq \frac{L_x}{20}$
- dalle continue :  $h \geq \frac{L_x}{25}$

## Dalle portant dans 2 sens si :

- Appuis sur 4 cotés avec :  $0.4 \leq \alpha \leq 1$

## L'épaisseur de la dalle :

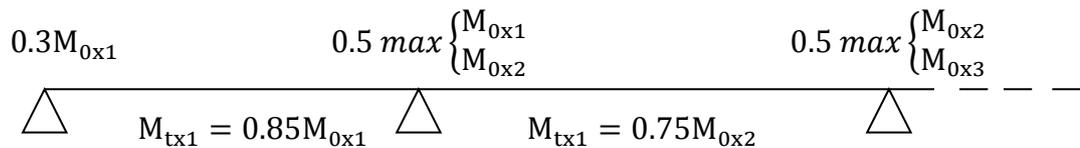
- dalle isolée :  $h \geq \frac{L_x}{30}$
- dalle continue :  $h \geq \frac{L_x}{40}$

## Moment isostatique :

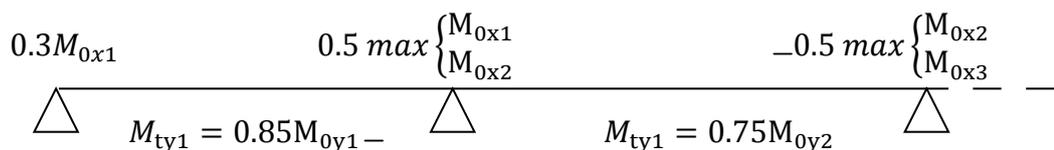
- suivant x :  $M_{0x} = \mu_x q L_x^2$
  - suivant y :  $M_{0y} = \mu_y M_{0x}$
- $\mu_x$  et  $\mu_y$  Dépendent de  $\alpha$  et sont donner par un tableau

## Moment en appui et en travers des pannes réelles continues :

### ➤ suivant $L_x$ :



### ➤ suivant $L_y$ :



Utilisation des organigrammes de la flexion simple d'une poutre ( $b = 1m \times h$ )

$$M_{0x} \rightarrow A_x$$

$$M_{0y} \rightarrow A_y$$

## Section minimale des armatures

➤ selon Ly :

$$A_{ymin}(\text{cm}^2/\text{m}) \begin{cases} 12h & \text{pour RL} \\ 8h & \text{pour HA 400} \\ 6h & \text{pour HA 500} \end{cases} \quad h \text{ en mitre}$$

➤ selon Lx :

$$A_{xmin}(\text{cm}^2/\text{m}) = \frac{3 - \alpha}{2} A_{ymin}$$

## Effort tranchant

➤  $\alpha < 0.4$  :

$$V_{ux} = q_u \frac{L_x}{2} \quad \text{Et} \quad V_{uy} = 0$$

➤  $0.4 \leq \alpha \leq 1$  :

$$V_{ux} = \frac{q_u L_x L_y}{L_x + 2L_y} \quad \text{Et} \quad V_{uy} = q_u \frac{L_x}{3}$$

besoin d'armature transversale

non

$$\tau_u = \frac{V_u}{d b} \leq 0.07 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$$

oui

Pas d'armature transversale

## Espacement maximale

### FPP

$$S_{tx} \leq \min \begin{cases} 3h \\ 33 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Pour les As parallèle à Lx}$$
$$S_{ty} \leq \min \begin{cases} 4h \\ 45 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Pour les As parallèle à Ly}$$

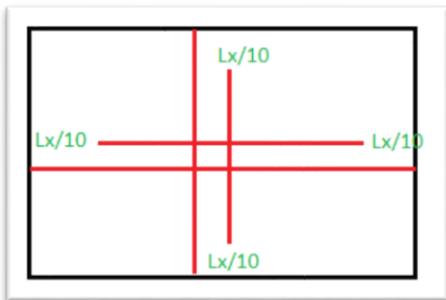
### FP ou FTP

$$S_{tx} \leq \min \begin{cases} 2h \\ 25 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Pour les As parallèle à Lx}$$
$$S_{ty} \leq \min \begin{cases} 3h \\ 33 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Pour les As parallèle à Ly}$$

## Les arrêts des barres

### En travée :

Les arrêts en travée sont arrêtés 1 sur 2 à  $\frac{L_x}{10}$

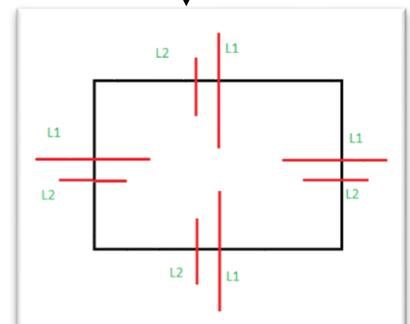


### En appui :

Les armatures sur appuis sont arrêtées 1 sur 2 de L1 et L2

$$L_1 = \max \begin{cases} L_s & \text{pour un panneau intermédiaire} \\ 0.2L_x & \text{pour un panneau intermédiaire} \\ 0.25L_x & \text{pour un panneau de rive} \end{cases}$$

$$L_2 = \max \begin{cases} L_s \\ \frac{L_1}{2} \end{cases}$$



CHAPITRE VIII:

# Dimensionnement des Semelles

méthode des bielles

semelle continue

$$q_u = \sigma_{sol} ; q_{ser} = \frac{2}{3} q_u ; p_u ; p_{ser} ; \gamma_s = 1.15$$

$$f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} ; a ; b ; \rho = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$\frac{p}{q} = \sup \left\{ \frac{p_u}{q_u}, \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \right\}$$

$$B \geq \frac{p}{q} \text{ et } A = 1 \text{ m}$$

$$d \geq \frac{B - d}{4}$$

$$h = d + 0.05 \text{ (m)}$$

ajouté PP =  $\rho \times B \times 1 \times h$   
 $\Rightarrow p_u \text{ et } p_{ser}$   
 $\Rightarrow B \geq \frac{p}{q} \text{ et } A = 1 \text{ m}$

$$A_s = \frac{p_u(B - b)}{8 d f_{su}}$$

$$A_{réparation} = \frac{A_s}{4} B$$

semelle isolée

$$q_u = \sigma_{sol} ; q_{ser} = \frac{2}{3} q_u ; p_u ; p_{ser} ; \gamma_s = 1.15$$

$$f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} ; a ; b ; \rho = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$\frac{p}{q} = \sup \left\{ \frac{p_u}{q_u}, \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \right\}$$

$$AB \geq \frac{p}{q} \text{ et } \frac{A}{B} = \frac{a}{b} \Rightarrow B \geq \sqrt{\frac{pb}{qa}} \text{ et } A \geq \sqrt{\frac{pa}{qb}}$$

$$\max \left( \frac{A-a}{4}, \frac{B-b}{4} \right) \leq d_a ; d_b \leq \min(A - a, B - b)$$

$$h = d + 0.05 \text{ (m)}$$

ajouté PP =  $\rho \times B \times A \times h$   
 $\Rightarrow p_u \text{ et } p_{ser}$   
 $\Rightarrow B \text{ et } A$

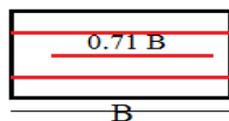
$$A_b = \frac{p_u(B - b)}{8 d f_{su}}$$

$$A_a = \frac{p_u(A - a)}{8 d f_{su}}$$

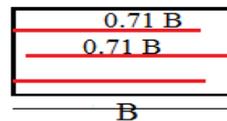
FPP  $\Rightarrow A_s = A_s \text{ calculée}$   
 FP  $\Rightarrow A_s = 1.1 A_s \text{ calculée}$   
 FTP  $\Rightarrow A_s = 1.5 A_s \text{ calculée}$

$$\tau_{su} = 0.6 \psi^2 f_{tj} ; L_{S_{A,B}} = \frac{\phi f_e}{4 \tau_{su}}$$

- $L_{S_A} \geq \frac{A}{4}$  ou  $L_{S_B} \geq \frac{B}{4} \Rightarrow$  crochets
- $\frac{A}{8} \leq L_{S_A} \leq \frac{A}{4}$  ou  $\frac{B}{8} \leq L_{S_B} \leq \frac{B}{4} \Rightarrow$  pas de crochets
- $0 \leq L_{S_A} \leq \frac{A}{8}$  ou  $0 \leq L_{S_B} \leq \frac{B}{8} \Rightarrow$  pas de crochets mais :



ou



CHAPITRE IX :

# Dimensionnement des semelles en flexion composée

Pré dimensionnement d'une semelle  
rectangulaire en flexion composée (coffrage)

$$q_u = \sigma_{sol} ; q_{ser} = \frac{2}{3} q_u ; p_u ; p_{ser}$$

$$M_u ; a ; b ; \frac{p}{q} = \sup \left\{ \frac{p_u}{q_u} ; \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \right\}$$

$$e_0 = \max \left\{ \frac{M_u}{p_u} ; \frac{M_{ser}}{p_{ser}} \right\} = \{e_{0u} ; e_{0ser}\}$$

prédimensionnement

$$e_0 \leq \frac{B}{6}$$

$$e_0 > \frac{B}{6}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \Rightarrow A = B \frac{a}{b}$$

$$\text{si } \frac{p}{q} = \frac{p_u}{q_u} \Rightarrow AB \geq \left(1 + 3 \frac{e_{0u}}{B}\right) \frac{p}{q}$$

$$\text{si } \frac{p}{q} = \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \Rightarrow AB \geq \left(1 + 3 \frac{e_{0ser}}{B}\right) \frac{p}{q}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \Rightarrow A = B \frac{a}{b}$$

$$\text{si } \frac{p}{q} = \frac{p_u}{q_u} \Rightarrow \frac{2 p_u}{3A \left(\frac{B}{2} - e_{0u}\right)} \leq \begin{cases} 1.33 q_u & \text{en generale} \\ q_u & \text{vent dominant} \end{cases}$$

$$\text{si } \frac{p}{q} = \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \Rightarrow \frac{2 p_{ser}}{3A \left(\frac{B}{2} - e_{0ser}\right)} \leq \begin{cases} 1.33 q_{ser} & \text{en generale} \\ q_{ser} & \text{vent dominant} \end{cases}$$

Equation de 2ème degre

$\Rightarrow A$  et  $B$

Dimensionnement d'une semelle rectangulaire en flexion composée

$$q_u = \sigma_{sol} ; q_{ser} = \frac{2}{3} q_u ; p_u ; p_{ser} ; M_u ; M_{ser} ; B ; A ; a ; b ; \gamma_s = 1.15 ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

$$\max\left(\frac{\frac{A-a}{4}}{\frac{B-b}{4}}\right) \leq d \leq \min\left(\frac{A-a}{B-b}\right)$$

$$h = d + 0.05 \text{ (m)}$$

$$\frac{p}{q} = \sup\left\{\frac{p_u}{q_u}, \frac{p_{ser}}{q_{ser}}\right\}$$

$$e_0 = \max\left\{\frac{M_u}{p_u}, \frac{M_{ser}}{p_{ser}}\right\} = \max\{e_0^u, e_0^{ser}\}$$

$$e_0^u > \frac{B}{6}$$

$$e_0^u \leq \frac{B}{6}$$

$$\sigma_M = \frac{2p_u}{3A\left(\frac{B}{2} - e_0^u\right)}$$

$$\sigma_m = \frac{p_u}{AB} \left(1 - 6\frac{e_0^u}{B}\right)$$

$$\sigma_M = \frac{p_u}{AB} \left(1 + 6\frac{e_0^u}{B}\right)$$

$$\sigma_M = \sigma_{ref} \leq \begin{cases} 1.33 q_u & \text{en général} \\ q_u & \text{vent dominant} \end{cases}$$

$$\sigma_{ref} = \frac{\sigma_m + 3\sigma_M}{4} = \frac{p_u}{AB} \left(1 + 3\frac{e_0^u}{B}\right) \leq q_u$$

$$M_1 = (4B + 0.35b - 9e_0^u) \left(\frac{\frac{B}{2} - 0.35b}{\frac{B}{2} - e_0^u}\right)^2 \frac{p_u}{27}$$

$$e_0^u > \frac{B}{24}$$

$$e_0^u \leq \frac{B}{24}$$

$$M_1 = \left(\frac{B}{2} - 0.35b\right)^2 \left(1 + 4\frac{e_0^u}{B} + 1.4\frac{e_0^u}{B^2}b\right) \frac{p_u}{2B}$$

$$p' = p_u \left(1 + 3\frac{e_0^u}{B}\right)$$

$$A_{sb} = \frac{M_1}{d f_{su}}$$

$$A_{sb} = \frac{M_1}{d f_{su}}$$

$$A_{sa} = \frac{p_u \left(1 + 3\frac{e_0^u}{B}\right) (A - a)}{8 d f_{su}}$$

$$A_{sb} = \frac{p'(B - b)}{8 d f_{su}}$$

$$A_{sa} = \frac{p'(A - a)}{8 d f_{su}}$$

$$A_{sa} = \frac{p_u \left(1 + 3\frac{e_0^u}{B}\right) (A - a)}{8 d f_{su}}$$

## Semelle excentrée sous poteau

$$q_u = \sigma_{sol} ; q_{ser} = \frac{2}{3} q_u ; p_u ; p_{ser} ; a ; b ; \gamma_s = 1.15 ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

$$\frac{p}{q} = \sup \left\{ \frac{p_u}{q_u} ; \frac{p_{ser}}{q_{ser}} \right\}$$

$$AB \geq \frac{p}{q} \text{ et } \frac{A}{B} = \frac{a}{b} \Rightarrow B \geq \sqrt{\frac{p b}{q a}} \text{ et } A \geq \sqrt{\frac{p a}{q b}}$$

$$\max \left( \frac{\frac{A-a}{4}}{\frac{B-b}{4}} \right) \leq d_a ; d_b \leq \min \left( \frac{A-a}{B-b} \right)$$

$$h = d + 0.05 \text{ (m)}$$

$$e_0 = \frac{B - b}{2}$$

$$M_u = p_u e_0$$

$$M_{ser} = p_{ser} e_0$$

Utilisation de l'organigramme de la semelle en flexion composée

$A_{sb}$  et  $A_{sa}$

## Vérification du non poinçonnement de la semelle

$a ; b ; A ; B ; h ; p_u ; f_{c28}$

$G_0 =$  représente le poids du remblais ainsi que le poids propre de la semelle

$$a_1 = a + h$$

$$b_1 = b + h$$

$$a_2 = a + 2h$$

$$b_2 = b + 2h$$

$$u_c = 2(a_1 + b_1)$$

$$P'_u = (P_u + 1.35G_0) \left(1 - \frac{a_2 b_2}{AB}\right)$$

$$P'_u \leq 0.045 u_c h \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

non

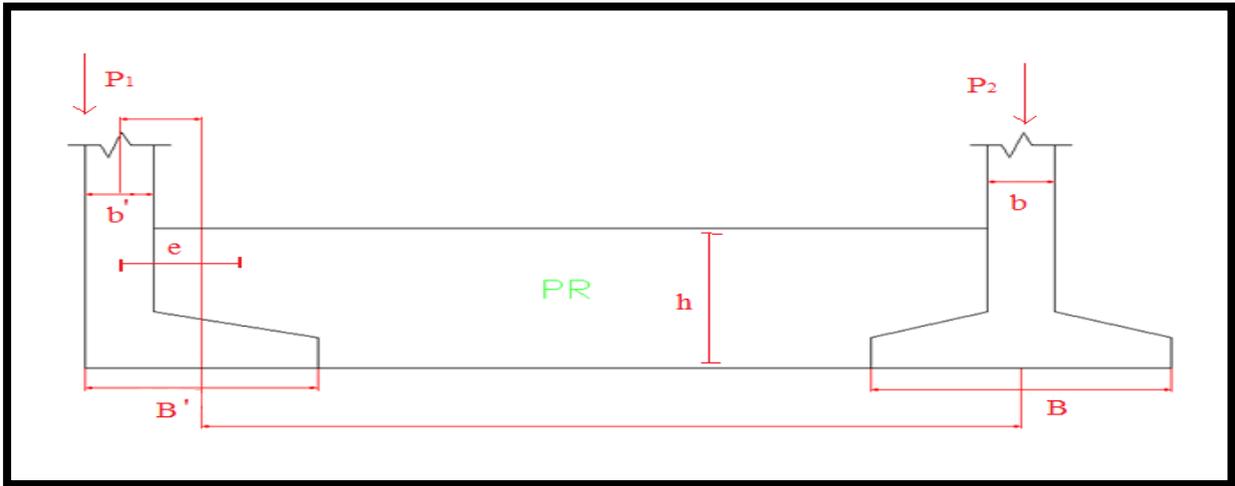
Redimensionné la semelle

oui

Ok Vérifiée.

CHAPITRE X :

# Poutre de redressement



$f_{c28} ; \theta ; \gamma_b = 1.5 ; f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \gamma_b}$   
*semelle centrée : A, B*  
*semelle excentrée : A', B', a', b'*

$$e = \frac{B' - b'}{2}$$

$$R_1 = P_1 \frac{L}{L - e}$$

$$R_2 = P_2 \frac{e}{L - e}$$

$$M = P_1 \left( B' - \frac{b'}{2} \right) + R_1 \frac{B'}{2} < 0$$

$$M = P_1 \left( B' - \frac{b'}{2} \right) + R_1 \frac{B'}{2} < 0$$

Dimension de la poutre de redressement

$$b ; h = \sqrt{\frac{6.M}{b.f_{bu}}}$$

b ; h ; M

organigramme du FS

# CONCLUSION

Malgré l'existence des logiciels informatiques très développés qui ont bien aidé à développer les calcul et le dimensionnement des structures en béton armé , et à les rendre plus facile et moins couteux et dans des bref délai, le calcul manuel reste primordial dans les calculs et le dimensionnement de n'importe quel structure , vu que :

- La possibilité de faire des erreurs dans les logiciels en cochant les cases.
- Les logiciels ne sont plus utiles lors du suivi au chantier.
- Même pour les calculs faites par logiciels, Les calculs manuel restent un guide très utile pour les vérifications.