

Flexion Composée Section Rectangulaire

❖ Calcul à l'E.L.S

$$\frac{M_s}{N_s} \leq \frac{h}{6}$$

OUI

NON

la section est entièrement comprimé

la section est partiellement comprimé

OUI

NON

Armatures Symétriques

Armatures Dissymétriques

$$\mu = \frac{M_1}{b d^2 \sigma_{bc}}$$

tableaux $\Rightarrow \alpha_1$

$$v = \frac{bh \bar{\sigma}_b}{N_s} ; \bar{\sigma}_b = 0,6 f_{c28}$$

$$\varepsilon = \frac{6M_G}{N_s h} ; \delta_1 = \frac{d'}{h}$$

$$\rho'_2 = \frac{100 A'_2}{bh} ; A' \text{ a donné}$$

$$\bar{\sigma}_b = 0,6 f_{c28} ; \delta_1 = \frac{d'}{h}$$

$$\sigma_b = \frac{\alpha_1 \bar{\sigma}_s}{15(1 - \alpha_1)} < \bar{\sigma}_b$$

OUI

NON

Armatures Simple

Armatures Doubles

$$0,27v(1 - 2\delta_1)^2 \rho^2 + 0,30 \left[v - \varepsilon + 3(v - 1)(1 - 2\delta_1)^2 \right] \rho - (1 + \varepsilon - v) = 0$$

$$M_{a,i} = M_s + N_s \left(d - \frac{h}{2} \right) ; \mu'_1 = \frac{M_{a,i}}{bh^2 \sigma_b}$$

$$M_{a,s} = M_s - N_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) ; \mu'_2 = \frac{M_{a,s}}{bh^2 \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,5b\alpha_1 d \sigma_b - N_s}{\sigma_s}$$

$$\sigma_b = \bar{\sigma}_b ; \sigma_s = \bar{\sigma}_s$$

$$\alpha_1 = \frac{15 \bar{\sigma}_b}{15 \bar{\sigma}_b + \sigma_s} ; y_1 = \alpha_1 d$$

$$C = 0,27v(1 - 2\delta_1)^2 ; E = 1 + \varepsilon - v$$

$$D = 0,15 \left[v - \varepsilon + 3(v - 1)(1 - 2\delta_1)^2 \right]$$

$$\lambda = \frac{3\delta_1 - 6\mu_2 - 1 - 0,9\delta_1(1 - 2\delta_1)\rho'_2}{0,9(1 - \delta_1)(1 - 2\delta_1)\rho'_2 + 2 - 3\delta_1}$$



$$\sigma'_s = \frac{15(y_1 - d')}{y_1} \bar{\sigma}_b$$

$$\rho = \frac{-D + \sqrt{D^2 + EC}}{C}$$

$$\rho'_1 = \frac{6\mu'_1 - [2 - 3\delta_1(1 - 3\delta_1)\lambda]}{0,9(1 - \delta_1 + \lambda\delta_1)(1 - 2\delta_1)}$$

$$A_{st} = \frac{\frac{1}{2} b y_1 \bar{\sigma}_b + A_{sc} \sigma'_s - N_s}{\bar{\sigma}_s}$$

$$A_{sc} = \frac{M_1 - \frac{1}{2} b y_1 \bar{\sigma}_b \left(d - \frac{y_1}{3} \right)}{(d - d') \sigma'_s}$$

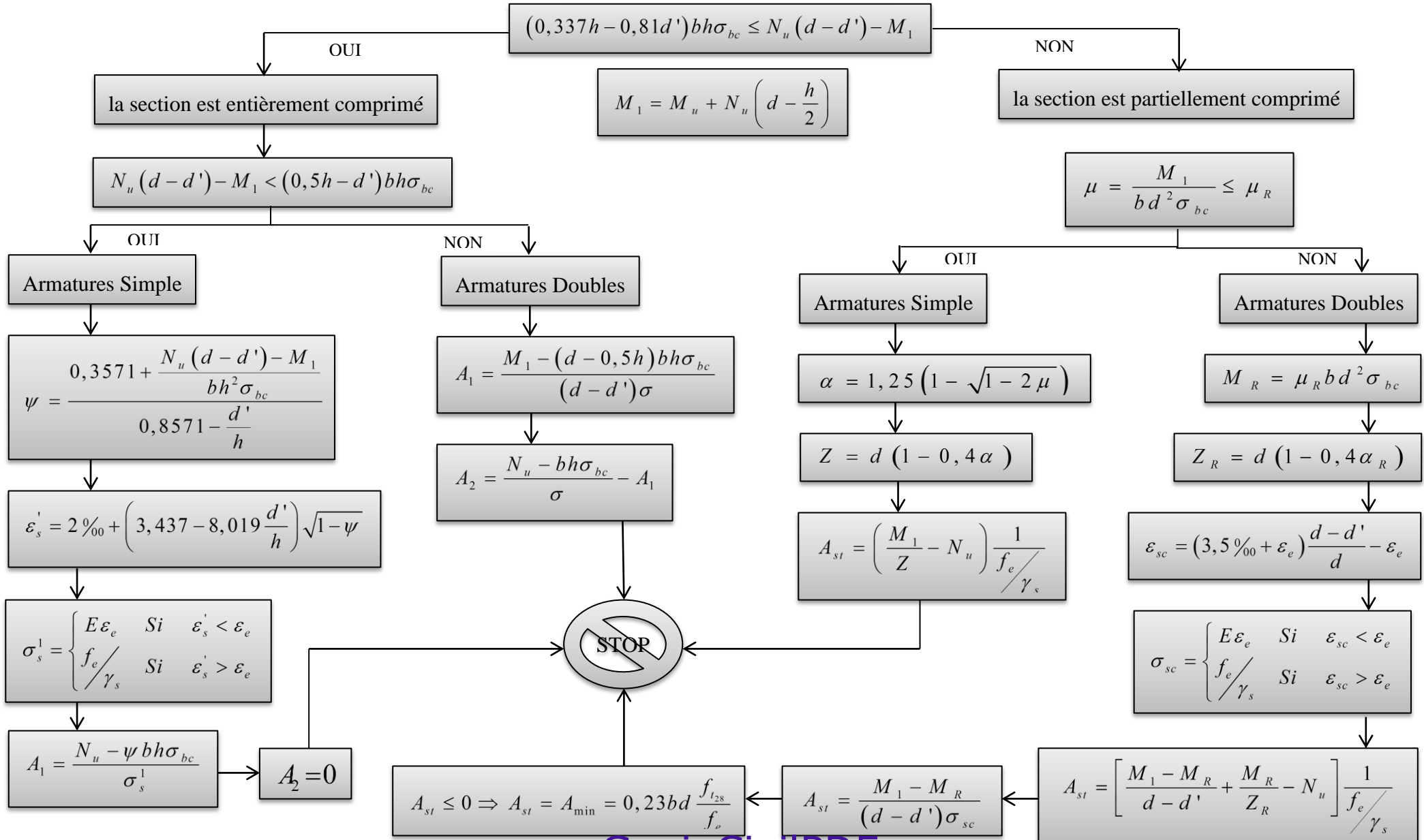
$$A = \frac{\rho b h}{100}$$

$$A'_1 = \frac{\rho'_1 b h}{100}$$

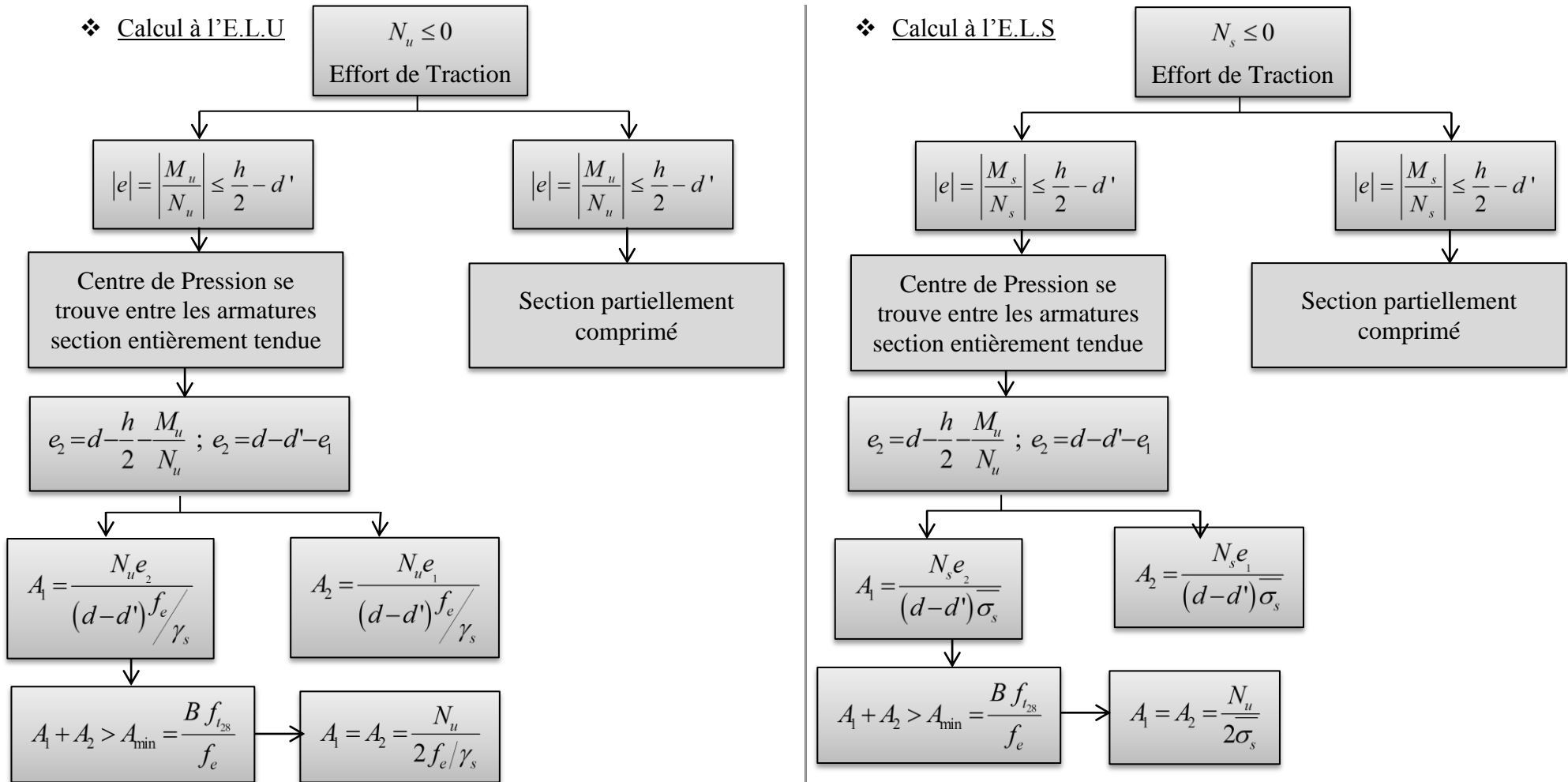


Flexion Composée Section Rectangulaire

❖ Calcul à l'E.L.U



Flexion Composée Section Rectangulaire



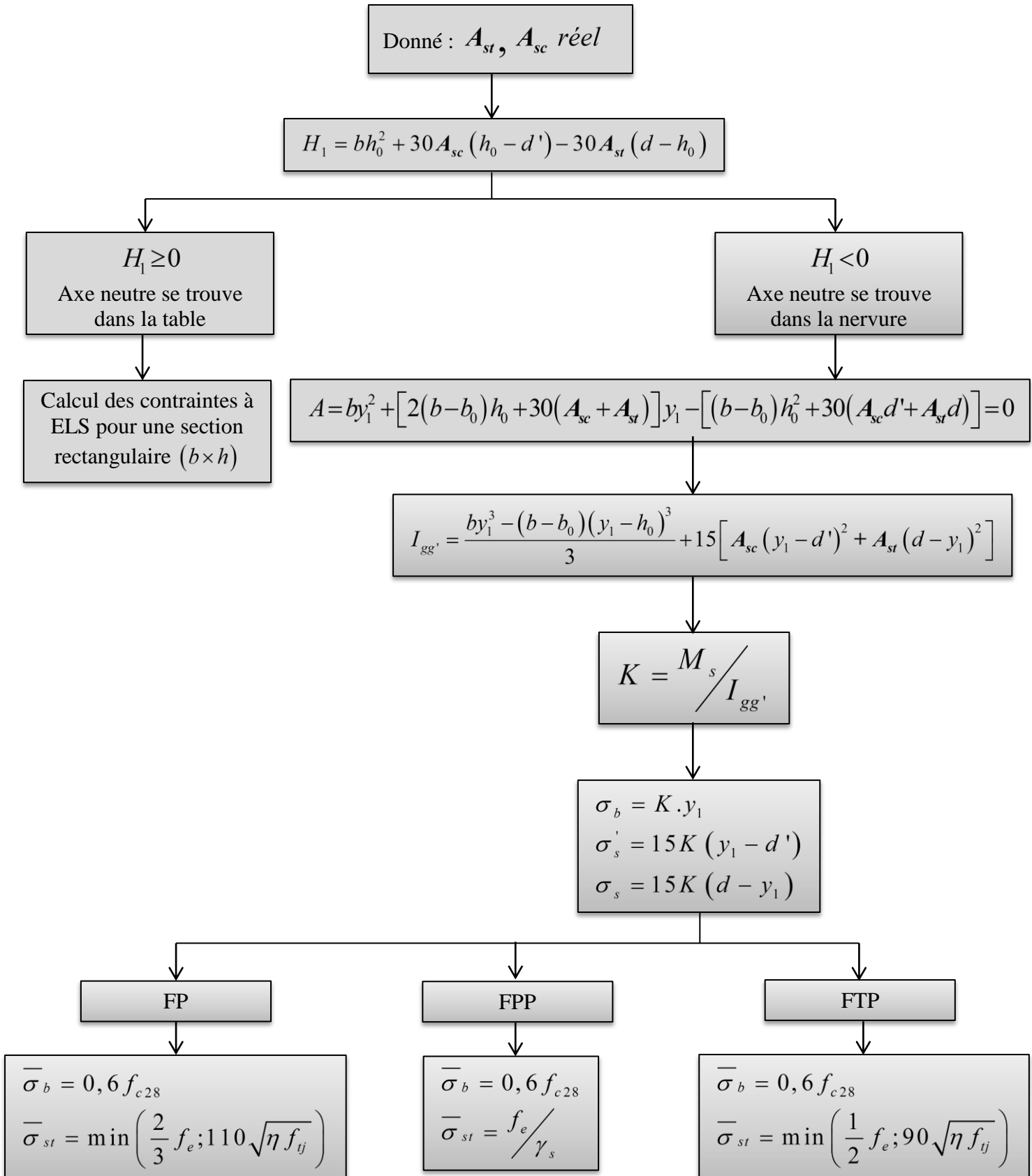
❖ Vérification à l'E.L.S

La vérification est seulement pour les FP et FTP



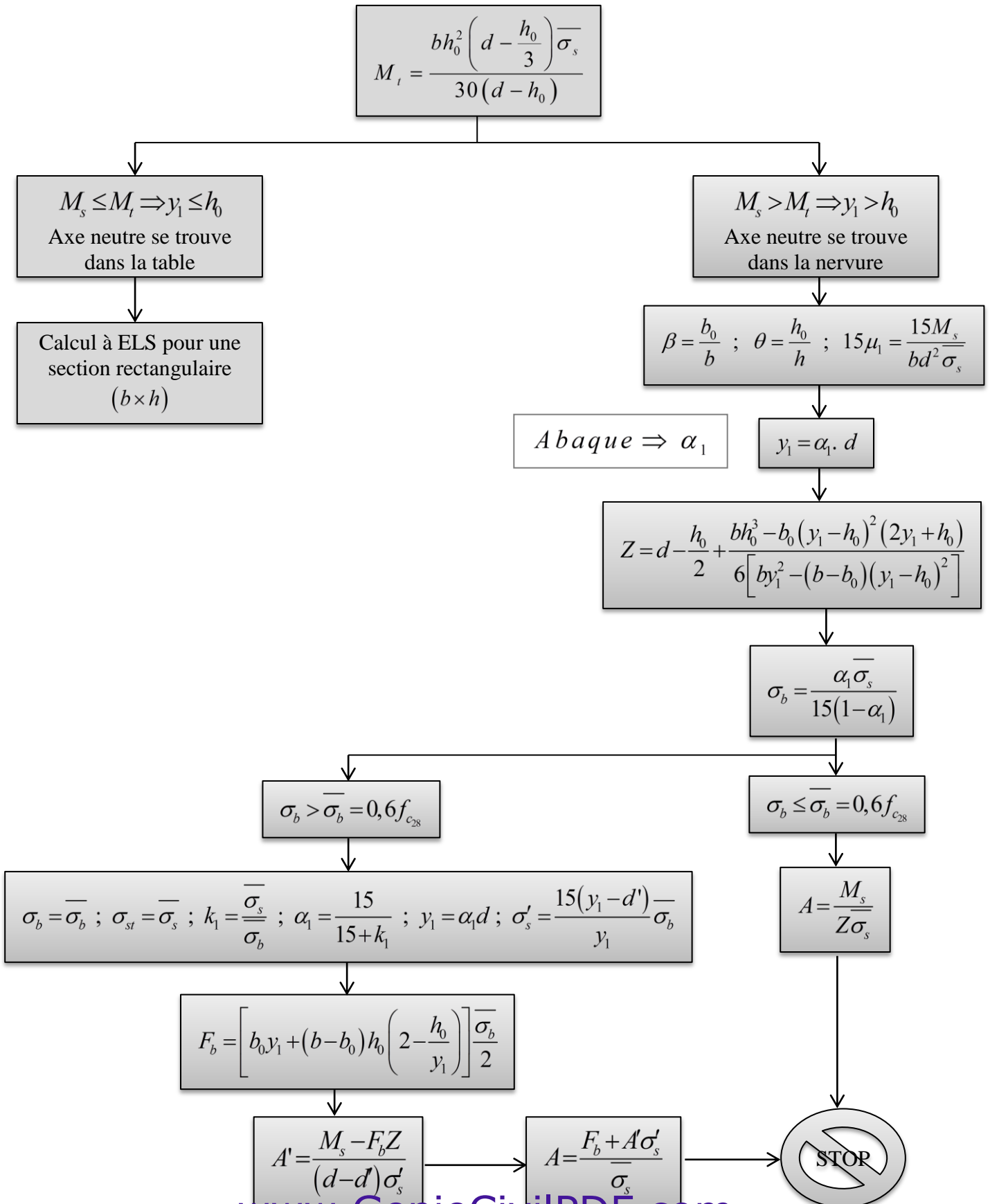
Flexion Simple Section En T

❖ Vérification à l'E.L.S



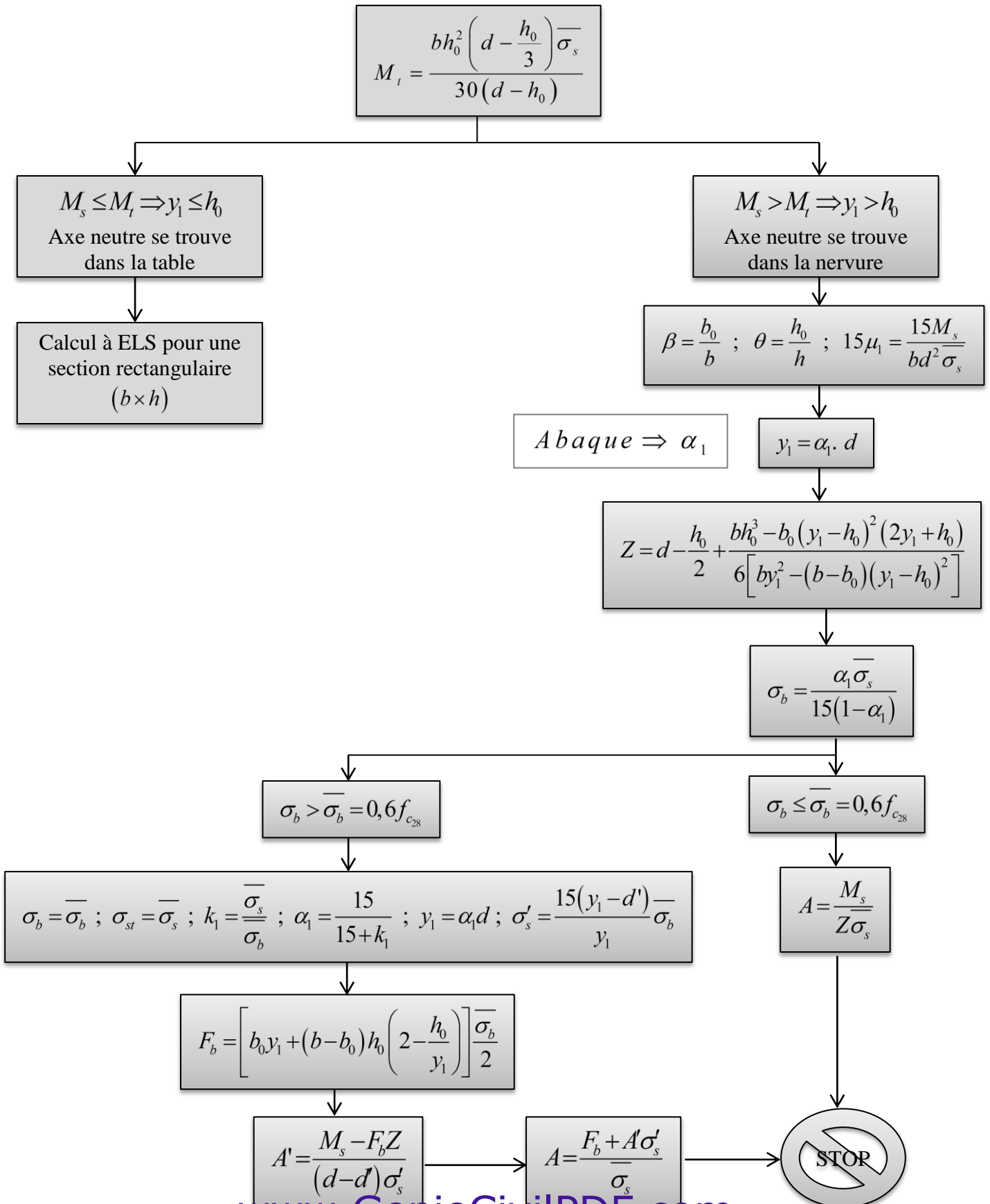
Flexion Simple Section En T

❖ Calcul à l'E.L.S



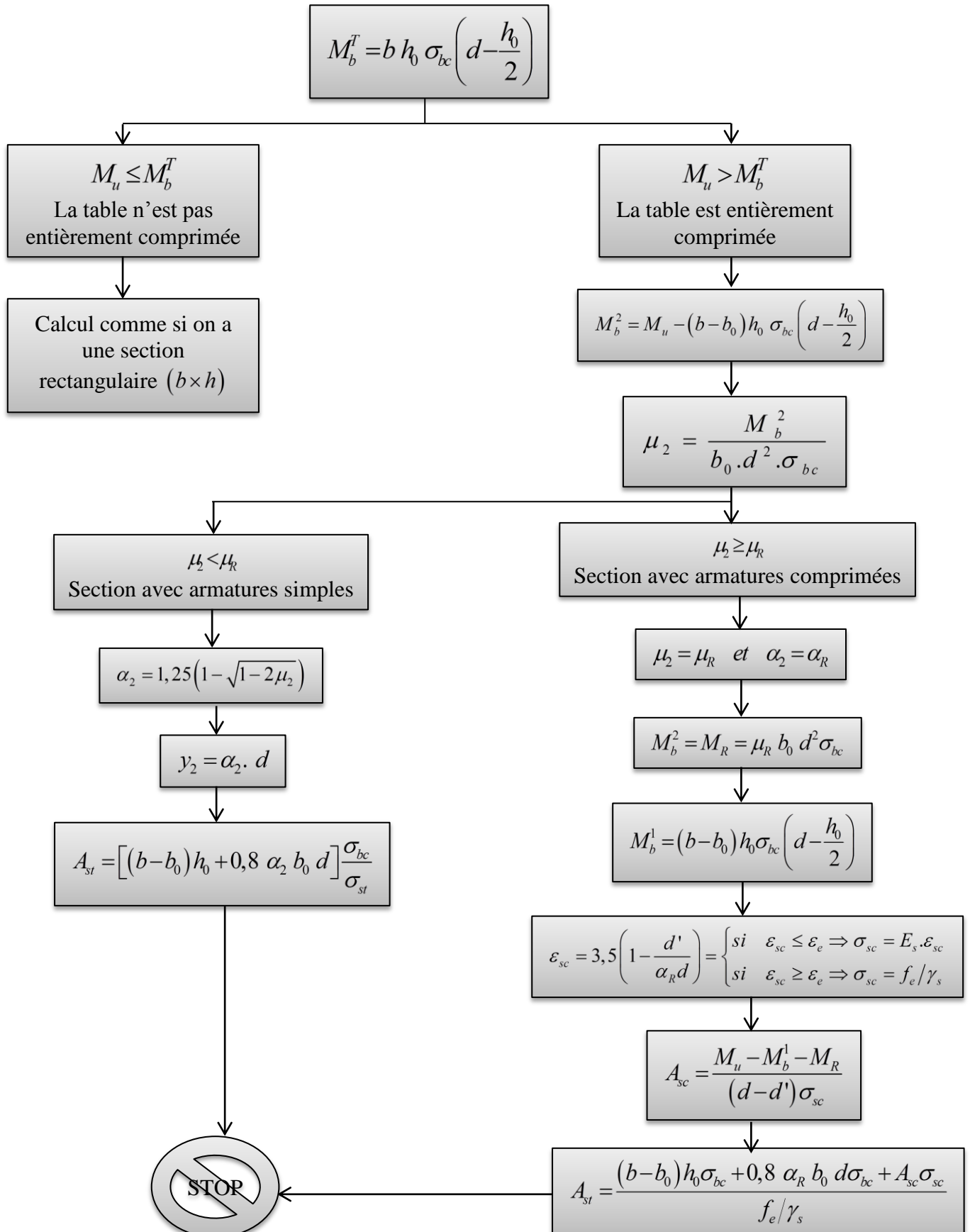
Flexion Simple Section En T

❖ Calcul à l'E.L.S



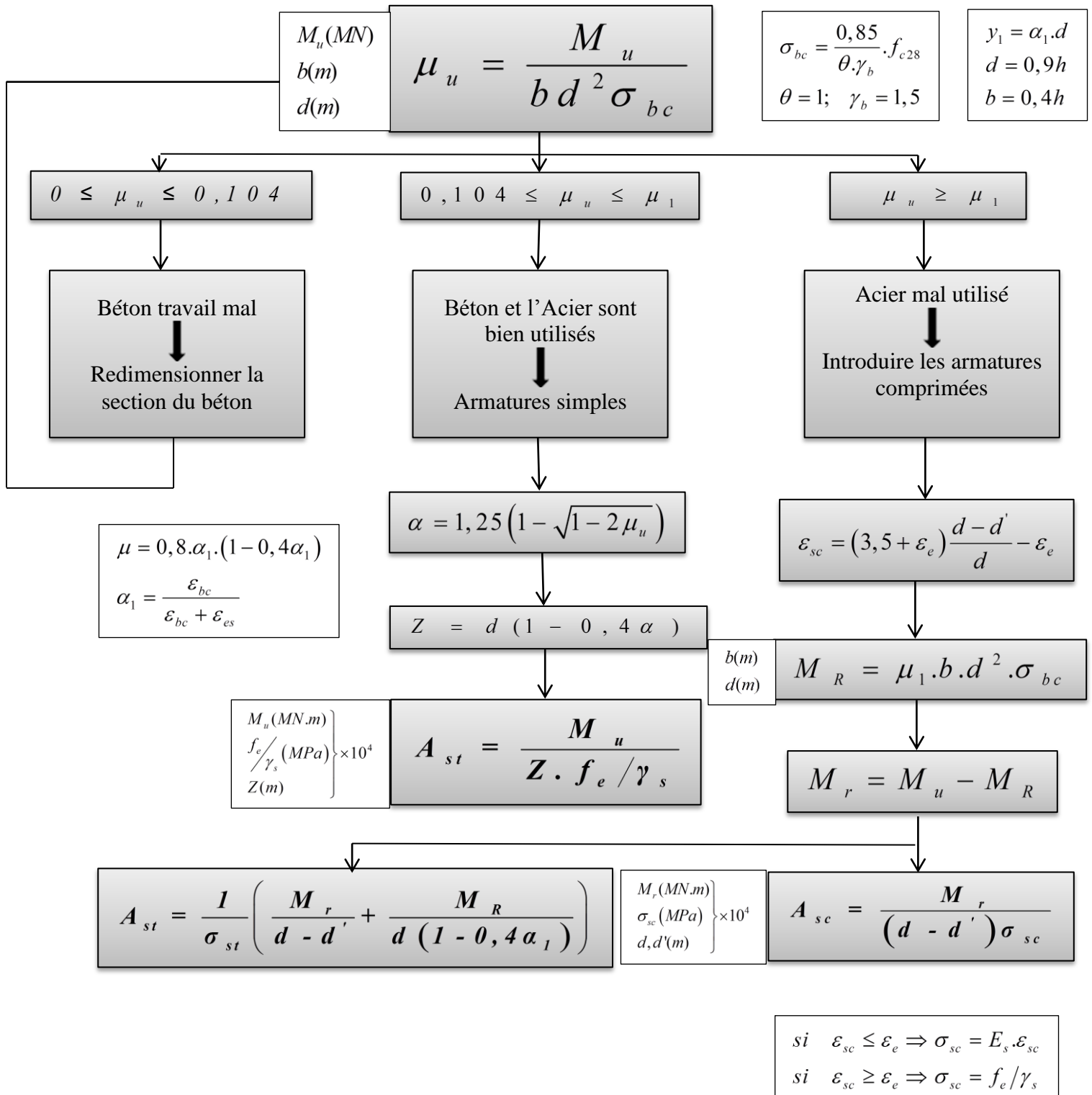
Flexion Simple Section En T

❖ Calcul à l'E.L.U



Flexion Simple Section Rectangulaire

❖ Calcul à l'E.L.U.

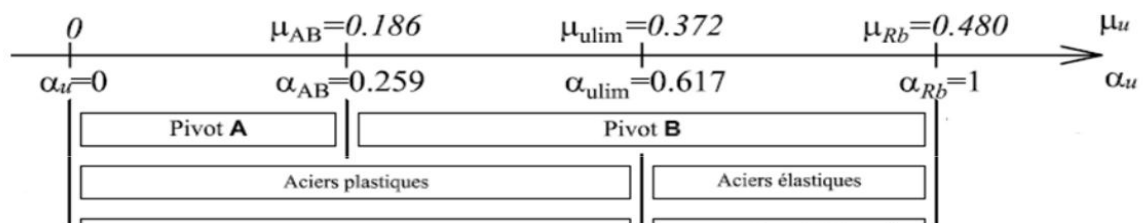


Les différentes valeurs de α_1 et μ_1 suivant les nuances d'acier

Nuance	FeE215		FeE235		FeE400		FeE500	
	$\gamma_s = 1$	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_s = 1$	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_s = 1$	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_s = 1$	$\gamma_s = 1,15$
f_e/γ_s	215	187	235	204	400	348	500	435
$\varepsilon_{es} (\text{‰})$	1,075	0,935	1,175	1,02	2,00	1,74	2,5	2,175
α_1	0,765	0,789	0,749	0,774	0,636	0,668	0,583	0,617
μ_1	0,425	0,432	0,420	0,427	0,379	0,392	0,358	0,372

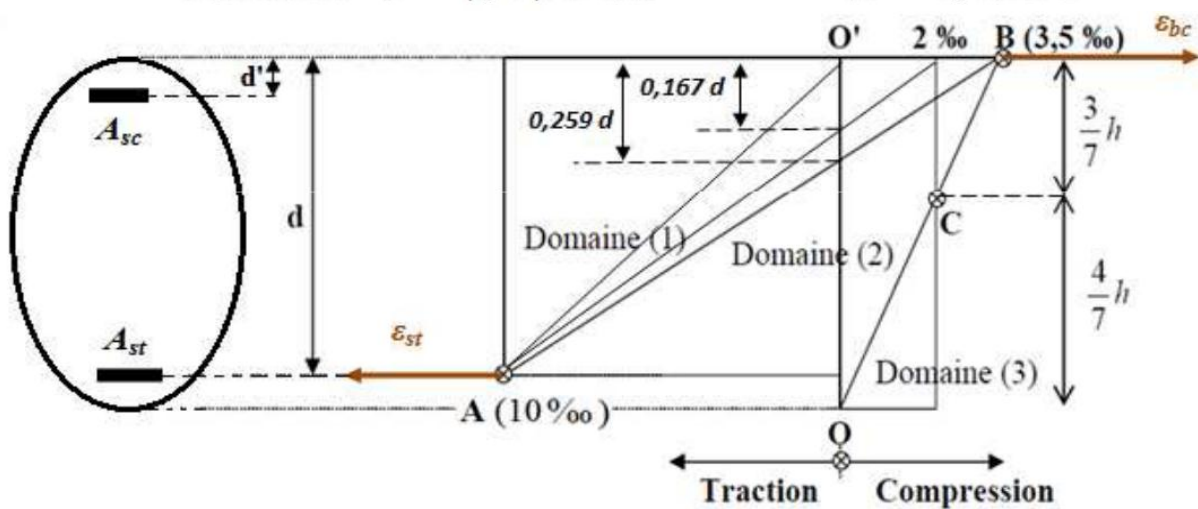
Exemple :

Pour FeE500 dans le cas général $\gamma_s = 1,15$



Les domaines définis par la règle des 3 pivots sont :

- Domaine 1 $\rightarrow \mu \leq 0,186 \Leftrightarrow 0 < \alpha \leq 0,259$
- Domaine 2-a $\rightarrow 0,186 < \mu \leq \mu_1 \Leftrightarrow 0,259 < \alpha \leq \alpha_1$
- Domaine 2-b $\rightarrow \mu_1 < \mu \leq 0,48 \Leftrightarrow \alpha_1 < \alpha \leq 1$



Section réelles d'armatures

Section en cm² 1 à 20 armatures de diamètre ϕ en mm

Nbr ϕ	5	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
1	0,20	0,28	0,50	0,79	1,13	1,54	2,01	3,14	4,91	8,04	12,57
2	0,39	0,57	1,01	1,57	2,26	3,08	4,02	6,28	9,82	16,08	25,13
3	0,59	0,85	1,51	2,36	3,39	4,62	6,03	9,42	14,73	24,13	37,70
4	0,79	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,64	32,17	50,27
5	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	15,71	24,54	40,21	62,83
6	1,18	1,70	3,02	4,71	6,79	9,24	12,06	18,85	29,45	48,25	75,40
7	1,37	1,98	3,52	5,50	7,92	10,78	14,07	21,99	34,36	56,30	87,96
8	1,57	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	64,34	100,5
9	1,77	2,54	4,52	7,07	10,18	13,85	18,10	28,27	44,18	72,38	113,1
10	1,96	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	31,42	49,09	80,42	125,7
11	2,16	3,11	5,53	8,64	12,44	16,93	22,12	34,56	54,00	88,47	138,2
12	2,36	3,39	6,03	9,42	13,57	18,47	24,13	37,70	58,91	96,51	150,8
13	2,55	3,68	6,53	10,21	14,70	20,01	26,14	40,84	63,81	104,6	163,4
14	2,75	3,96	7,04	11,00	15,83	21,55	28,15	43,98	68,72	112,6	175,9
15	2,95	4,24	7,54	11,78	16,96	23,09	30,16	47,12	73,63	120,6	188,5
16	3,14	4,52	8,04	12,57	18,10	24,63	32,17	50,27	78,54	128,7	201,1
17	3,34	4,81	8,55	13,35	19,23	26,17	34,18	53,41	83,45	136,7	213,6
18	3,53	5,09	9,05	14,14	20,36	27,71	36,19	56,55	88,36	144,8	226,2
19	3,73	5,37	9,55	14,92	21,49	29,25	38,20	59,69	93,27	152,8	238,8
20	3,93	5,65	10,05	15,71	22,62	30,79	40,21	62,83	98,17	160,8	251,3
21	4,12	5,94	10,56	16,49	23,75	32,33	42,22	65,97	103,1	168,9	263,9
22	4,32	6,22	11,06	17,28	24,88	33,87	44,23	69,12	108,0	176,9	276,5
23	4,52	6,50	11,56	18,06	26,01	35,41	46,24	72,26	112,9	185,0	289,0
24	4,71	6,79	12,06	18,85	27,14	36,95	48,25	75,40	117,8	193,0	301,6
25	4,91	7,07	12,57	19,63	28,27	38,48	50,27	78,54	122,7	201,1	314,2

Flexion Simple Section Rectangulaire

❖ Vérification à l'E.L.S

Donné : A_{st}, A_{sc} réel

$$b y_1^2 + 30 (A_{sc} + A_{st}) y_1 - 30 (A_{sc} d' + A_{st} d) = 0$$

$$D = \frac{15(A_{st} + A_{sc})}{b} \quad \text{et} \quad E = \frac{30(A_{sc} d' + A_{st} d)}{b} \quad \text{Tout en cm}$$

$$y_1 = \sqrt{D^2 + E} - D \quad \text{cm}$$

$$I_{gg'} = \frac{b y_1^3}{3} + 15 A_{sc} (y_1 - d')^2 + 15 A_{st} (y_1 - d)^2 \quad \times 10^8 \text{ cm}^4 = \text{m}^4$$

$$K = \frac{M_s}{I_{gg'}} \quad \text{MN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma_b &= K \cdot y_1 & y_1(\text{m}) \\ \sigma'_s &= 15K (y_1 - d') & d(\text{m}) \\ \sigma_s &= 15K (d - y_1) & d(\text{m}) \end{aligned}$$

FP

FPP

FTP

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_b &= 0,6 f_{c28} \\ \bar{\sigma}_{st} &= \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{\eta f_{tj}} \right) \end{aligned}$$

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$$

$$\eta = \begin{cases} 1 & \text{R.L et T.S} \\ 1,6 & \text{H.A} \\ 1,3 & \text{H.A de } \phi \leq 6\text{mm} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_b &= 0,6 f_{c28} \\ \bar{\sigma}_{st} &= \frac{f_e}{\gamma_s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_b &= 0,6 f_{c28} \\ \bar{\sigma}_{st} &= \min \left(\frac{1}{2} f_e ; 90 \sqrt{\eta f_{tj}} \right) \end{aligned}$$

Flexion Simple Section Rectangulaire

❖ Calcul à l'E.L.S

$$\mu = \frac{M_s}{b d^2 \bar{\sigma}_s} \quad \left. \begin{array}{l} M_s (MN.m) \\ b (m) \\ d (m) \end{array} \right\}$$

β_1 et K_1 dans le tableau en fonction de μ

$$\sigma_b = \frac{\bar{\sigma}_s}{K_1}$$

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b = 0,6 f_{c28}$$

Armatures Simples

$$A = \frac{M_s}{\beta_1 d \bar{\sigma}_s} \quad \left. \begin{array}{l} M_s (MN.m) \\ \bar{\sigma}_s (MPa) \\ d (m) \end{array} \right\} \times 10^4 = cm^2$$

$$\sigma_b \geq \bar{\sigma}_b = 0,6 f_{c28}$$

Armatures Doubles

$$\sigma_b = \bar{\sigma}_b ; \sigma_s = \bar{\sigma}_s$$

$$K_1 = \frac{\bar{\sigma}_s}{\sigma_b} ; \alpha_1 = \frac{15}{15 + K_1}$$

$$y_1 = \alpha_1 d ; F_b = \frac{b y_1 \bar{\sigma}_b}{2} ; \sigma'_s = \frac{15 (y_1 - d') \bar{\sigma}_b}{y_1}$$

$$\left. \begin{array}{l} M_s (MN.m) \\ F_b (MN) \\ \bar{\sigma}_s (MPa) \\ d, d', y_1 (m) \end{array} \right\} \times 10^{-2} = cm^2$$

$$A' = \frac{M_s - F_b \left(d - \frac{y_1}{3} \right)}{\bar{\sigma}_s (d - d')}$$

$$A = \frac{F_b + A' \sigma'_s}{\bar{\sigma}_s} \quad \left. \begin{array}{l} F_b (MN) \\ \sigma'_s ; \bar{\sigma}_s (MPa) \\ A' (m^2) \end{array} \right\} \times 10^4 = cm^2$$

$$A_{st} = \frac{0,8.b.d.\sigma_{bc} + A_{sc}.\sigma_{sc}}{\sigma_{st}}$$