

V.1 Présentation de l'élément utilisé :

Notre étude est réalisé sur des plaques carrées en matériaux composites stratifiés des côté $W= 100$ mm et un épaisseur $t=2$ mm, ces plaques ont des ouvertures des formes carrées avec des cotes C comme le montre la figure suivante (fig.V.1), ces plaques sont constitués d'un nombre de couche égale à 6. Les couches n'ont pas les mêmes orientations, car chaque fois on donne un angle différent des autres cas, les angles d'orientations que on a choisi sont par ordre comme suit: $(0),(15,-15,0,0,-15,15)$, $(30,-30,0,0,-30,30)$, $(45,-45,0,0,-45,45)$, $(60,-60,0,0,-60,60)$, $(75,-75,0,0,-75,75)$, $(90,-90,0,0,-90,90)$

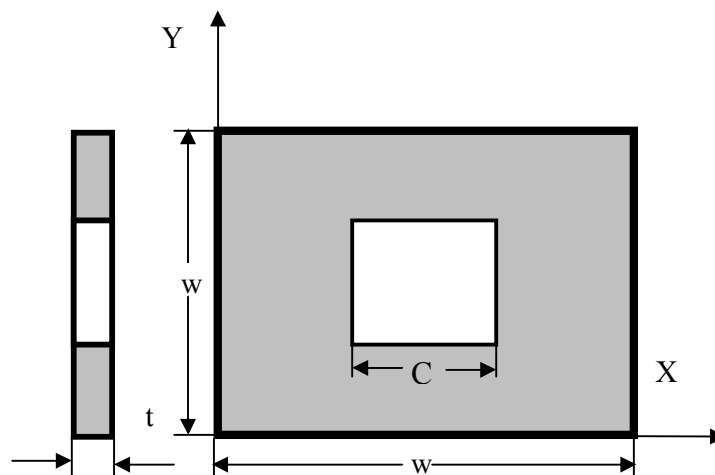
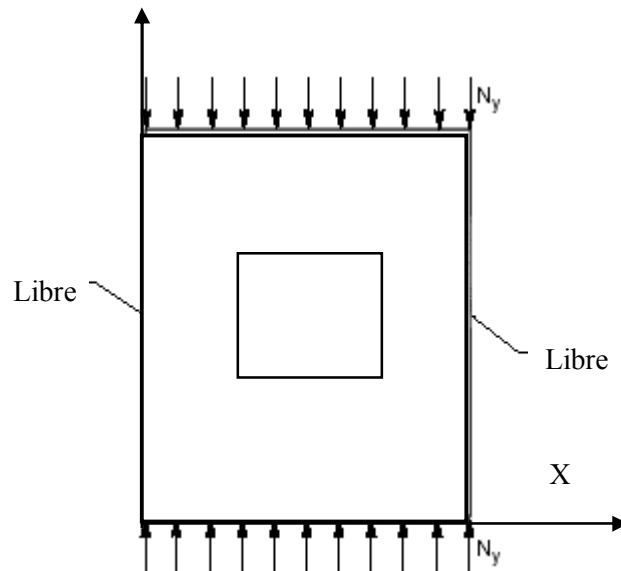


Fig. V.1 Plaque rectangulaire avec ouverture

V.1 Présentation des conditions aux limites :

On a choisie pour faire notre étude quatre conditions aux limites, ces derniers sont la première condition est simplement appuyée, côté libre, la deuxième est le cas simplement appuyée, côté fixe, la troisième est une encastrement, côté libre et la dernière c'est une encastrement, côté fixe

La figure V.2 représente la première condition aux limites. La plaque est simplement appuyée de deux côtés suivant l'axe X et les deux autres côtés sont libres.



figV.2 : 1CL, Simplement appuyée, Coté libre

La figure V.3 représente la deuxième condition aux limites. le cas d'une plaque simplement appuyée, coté fixe.

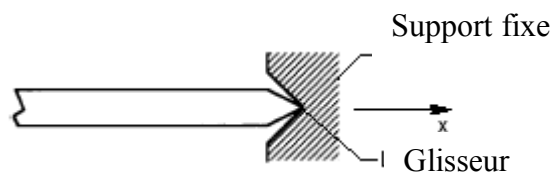
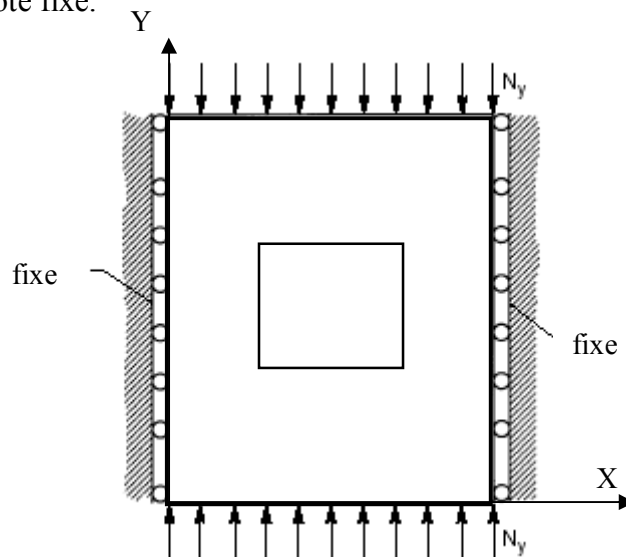


fig.V.3 : 2 CL, Simplement appuyée, Coté fixe

La figure V.4 représente la troisième condition aux limites. Dans ce cas la plaque a un encastrement, et coté libre

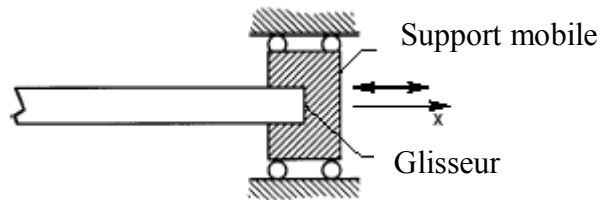


fig.V.4 :3 CL, Encastrement, Coté Libre

La figure V.5 représente la dernière condition aux limites c'est la 4 CL : encastrement, coté fixe

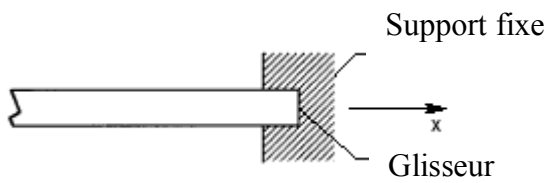


fig.V.5 : 4 CL, Encastrement, Coté fixe

V.2 Représentation des résultats et discussion :

Les résultats obtenues sont présentés par ordre des application des conditions aux limites et variation du rapport C/W comme suite :

Tableau V.1 Variation de N_{cr} en fonction de l'angle d'orientations des fibres (θ) pour $C/W = 0$

Angle	1 CL : simplement appuyée, coté libre	2 CL : simplement appuyée, coté fixe	3 CL : encastrement, coté libre	4 CL: encastrement, coté fixe
θ	N_{cr}			
0	148,65	184,205	155,65	225
15	285,5	354,4	310	391
30	366,09	423,45	397	446
45	306,058	382,94	342	410
60	180	170,45	142	255
75	103,11	70,12	42,311	125
90	60	40	20	87

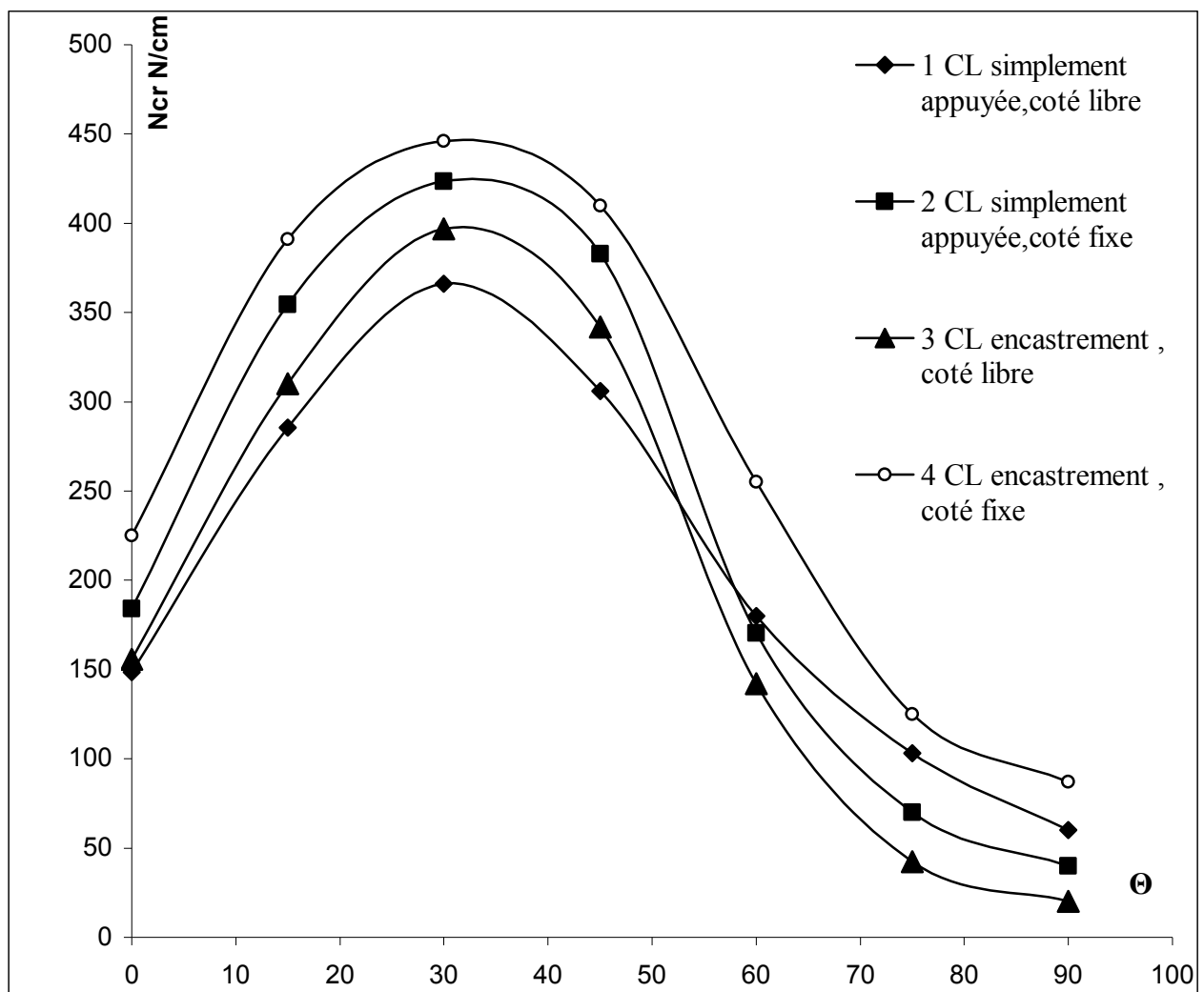


fig.V.5 -Variation de N_{cr} en fonction de L'angle d'orientation des fibres θ , pour le rapport : $C/W = 0$

Tableau V.2 Variation de N_{cr} en fonction de l'angle d'orientations des fibres (θ), pour $C/W = 0,2$				
Angle	1 CL : simplement appuyée, coté libre	2 CL : simplement appuyée, coté fixe	3 CL : encastrement, coté libre	4 CL : encastrement, coté fixe
θ	N_{cr}			
0	457	520,1	288	633
15	573,97	773	375	924
30	910,58	896,63	720	1059
45	577,14	427,23	231	282,83
60	308	214	99,21	43,36
75	221	174	75,53	10,7
90	154	95,752	32,92	10,3

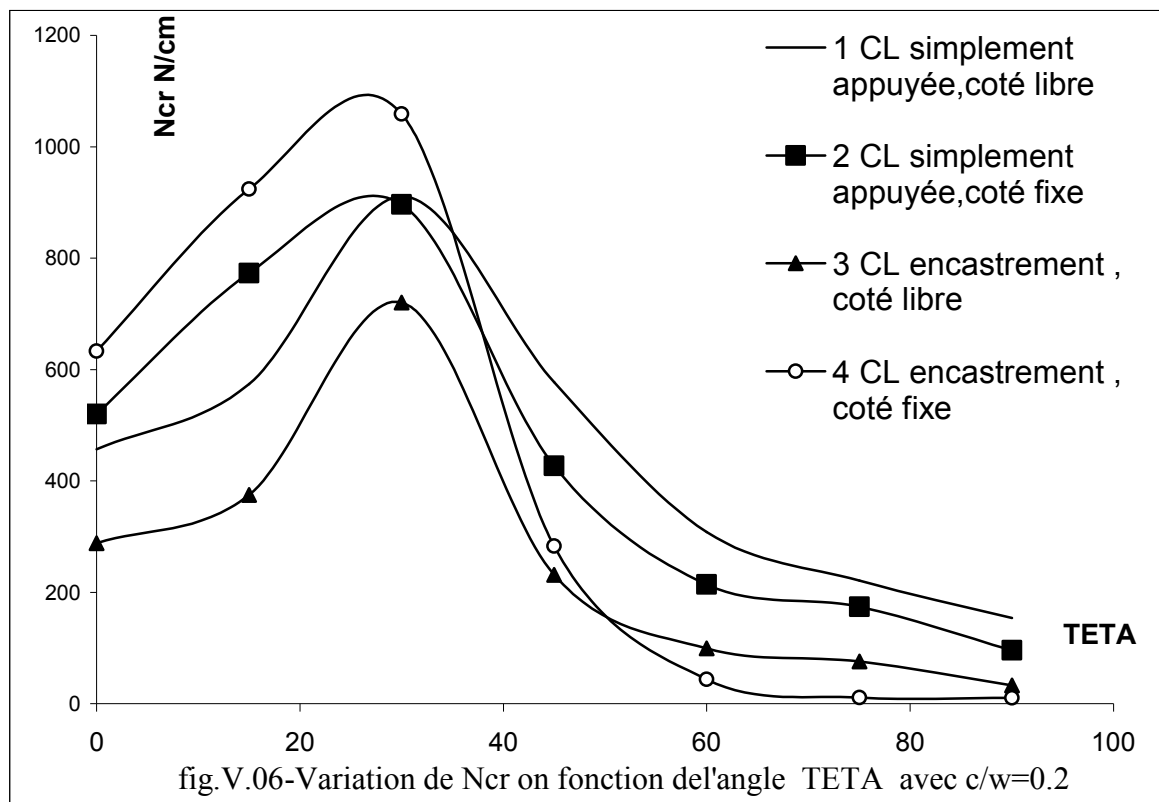


Tableau V.3 Variation de N_{cr} en fonction de l'angle d'orientations des fibres (θ), pour $C/W = 0,4$

Angle	1 CL simplement appuyée, coté libre	2 CL simplement appuyée, coté fixe	3 CL encastrement, coté libre	4 CL encastrement, coté fixe
θ	N_{cr}			
0	126,59	205,3	269,1	740
15	175,5	289,2	623	996,8
30	689,4	402,7	769	903
45	451	185,94	617	647
65,2	232	122,9	233	251,4
75	90,38	85,2	160	196,25
90	34,79	75,03	134	163

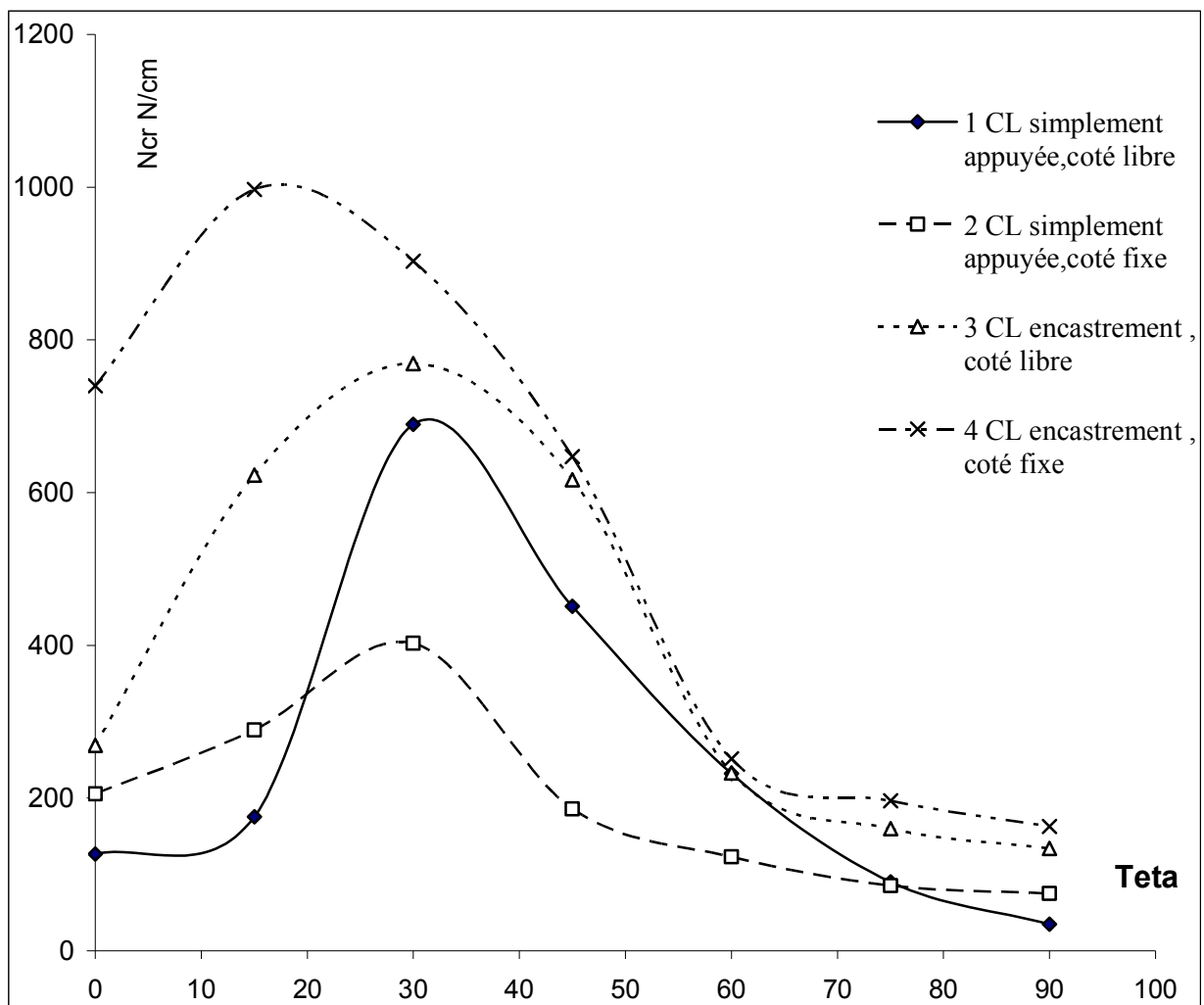


Fig.V.7 variation de N_{cr} en fonction de Teta ($c/w=0,4$)

Tableau V.4 Variation de N_{cr} en fonction de l'angle d'orientations des fibres (θ) pour $C/W = 0,6$

Angle	1 CL simplement appuyée, coté libre	2 CL simplement appuyée, coté fixe	3 CL encastrement, coté libre	4 CL encastrement, coté fixe
θ	N_{cr}			
0	124,6	342	311	255
15	164	378	331	295,2
30	266	549	429	419,1
45	125,68	395	345	317,5
60	63	187	108	85
75	26,07	122	75	65,2
90	13,602	91	63	47,25

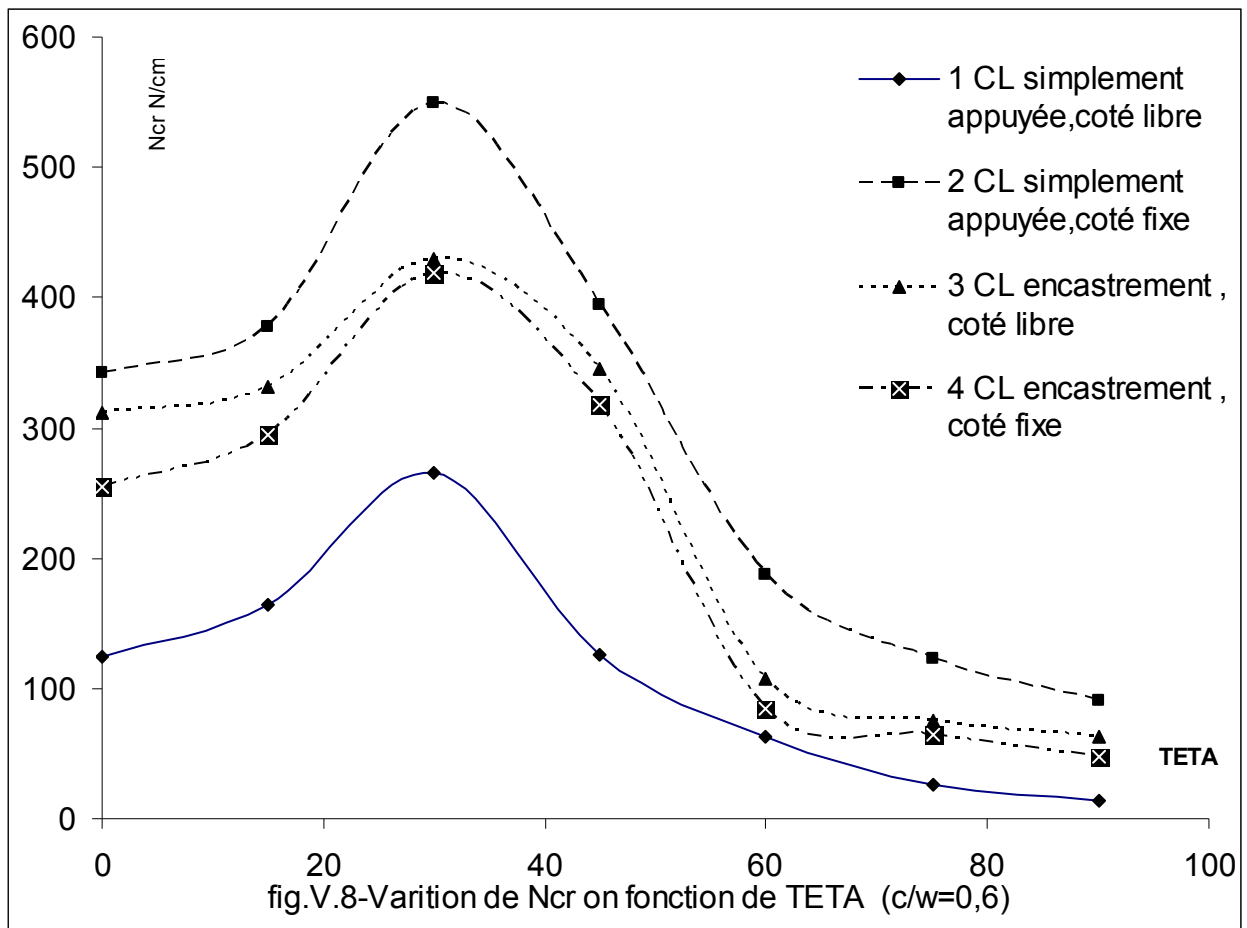


Tableau V.5 Variation de N_{cr} en fonction de l'angle d'orientations des fibres (θ) pour $C/W = 0,8$

Angle	1 CL simplement appuyée, coté libre	2 CL simplement appuyée, coté fixe	3 CL encastrement, coté libre	4 CL encastrement, coté fixe
θ	N_{cr}			
0	7,5907	110,63	27	193,64
15	12,527	352,11	65	380
30	58	392,48	189,45	498
45	23,33	218	51,683	290
60	15,19	58	35,35	102
75	9,119	16,956	27,21	68
90	5,2589	16,563	20,55	44

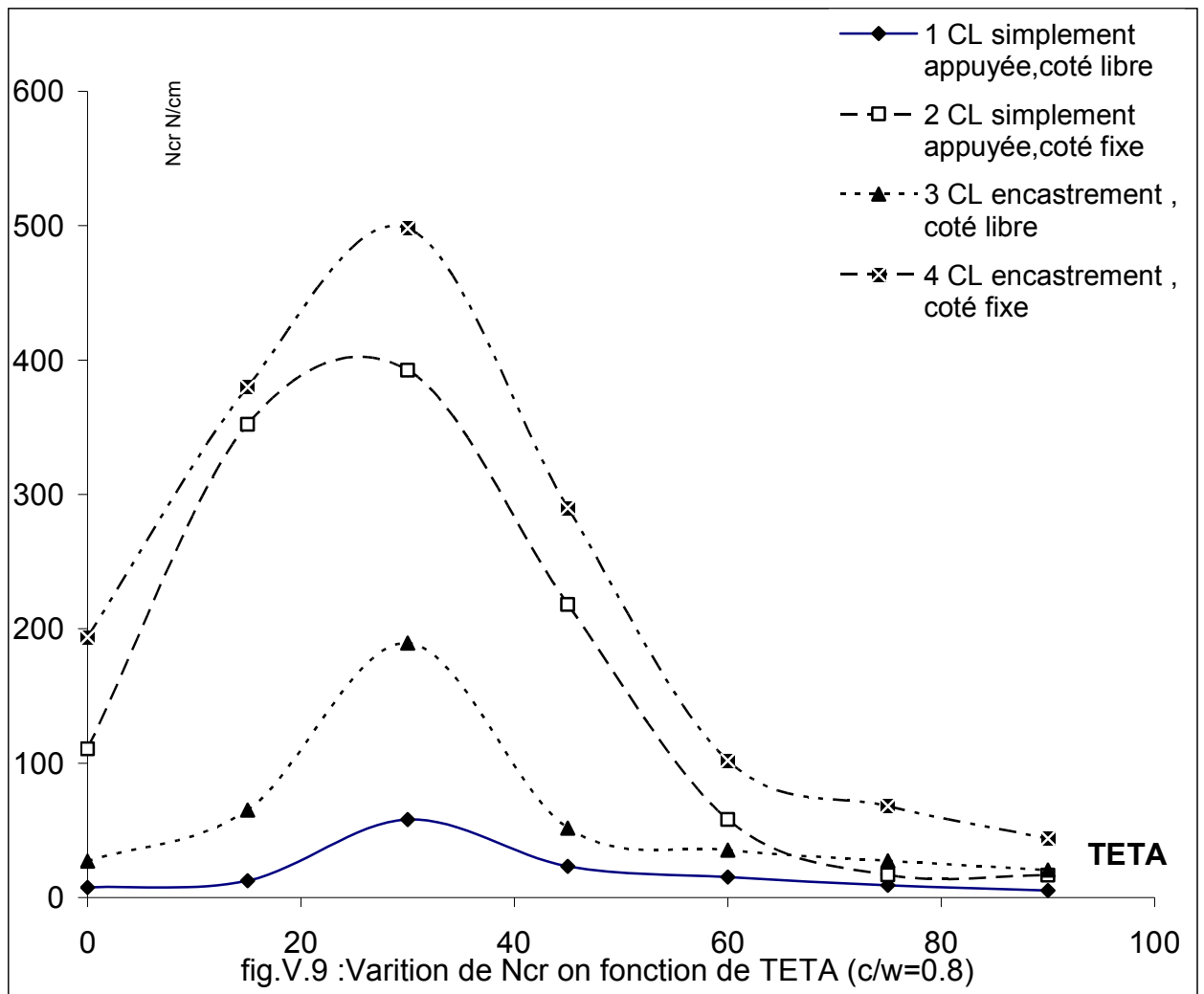


Tableau V.6 :La première condition aux limites : (simplement appuyée, coté libre)

L'angle θ	c/w=0	c/w = 0,2	c/w = 0,4	c/w = 0,6	c/w = 0,8
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	148,65	457	126,59	124,6	7,5907
15	285,5	573,97	175,5	164	12,527
30	366,09	910,58	689,4	266	58
45	306,058	577,14	451	125,68	23,33
60	180	308	232	63	15,19
75	103,11	221	90,38	26,07	9,119
90	60	154	34,79	13,602	5,2589

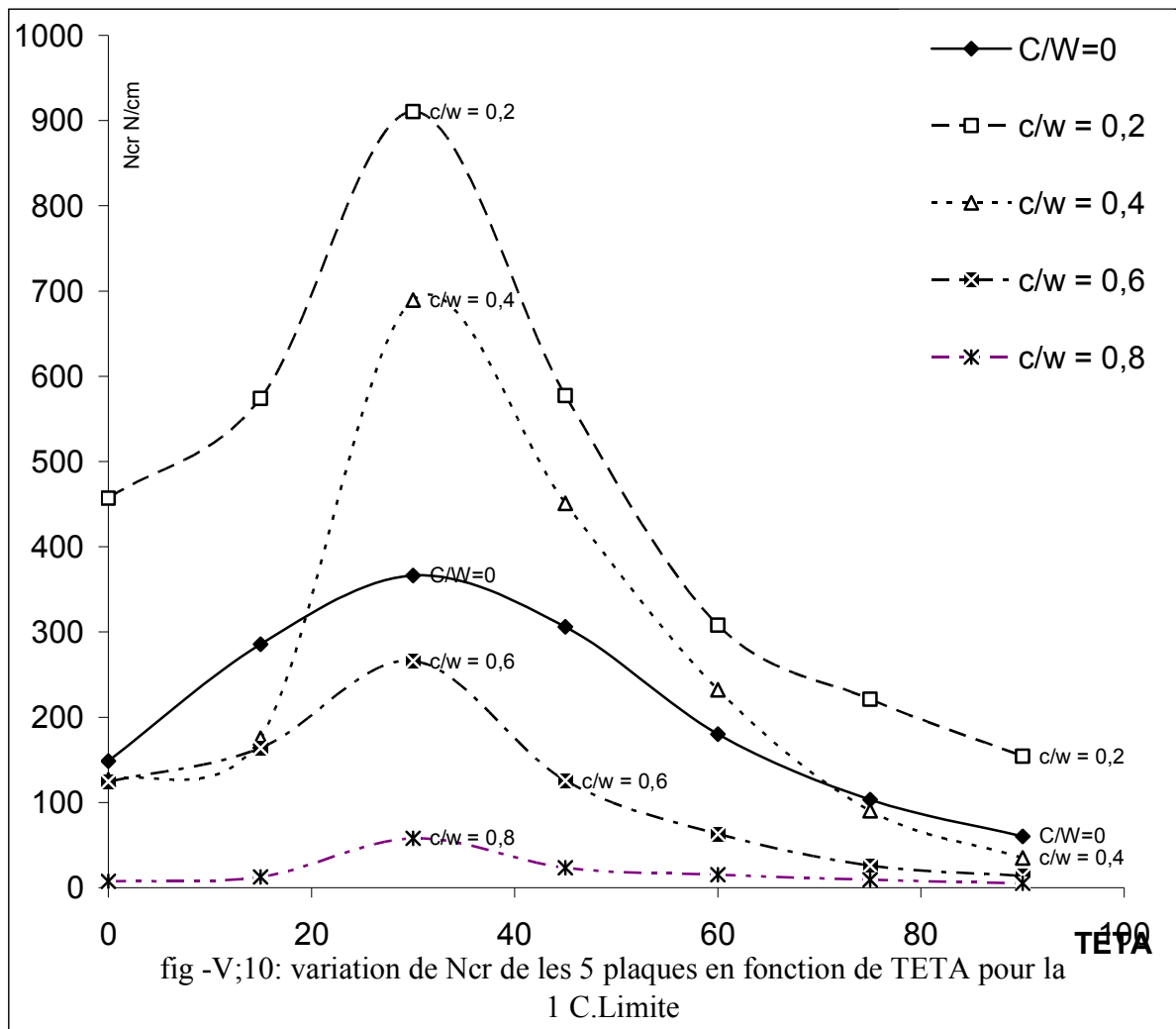


Tableau V.7 : La deuxième condition aux limites : (simplement appuyée, coté fixe)

Angle θ	c/w = 0	c/w = 0,2	c/w = 0,4	c/w = 0,6	c/w = 0,8
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	184,205	520,1	205,3	342	110,63
15	354,4	773	289,2	378	352,11
30	423,45	896,63	402,7	549	392,48
45	382,94	427,23	185,94	395	218
60	170,45	214	122,9	187	58
75	70,12	174	85,2	122	16,956
90	40	95,752	75,03	91	16,563

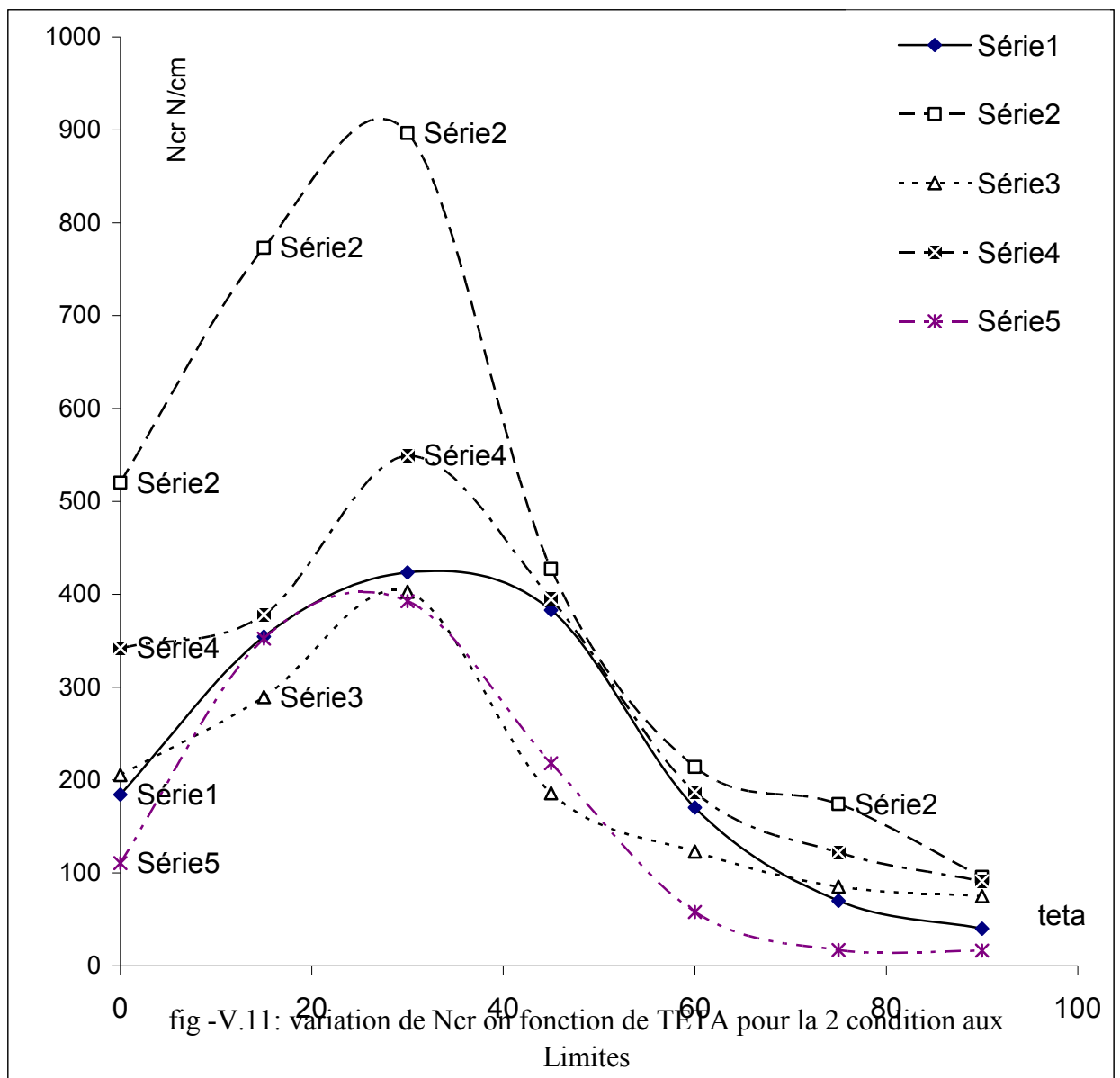


Tableau V.8 : La troisième condition aux limites : (encastrement, coté libre)

Angle θ	c/w=0	c/w = 0,2	c/w = 0,4	c/w = 0,6	c/w = 0,8
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	155,65	288	269,1	311	27
15	310	375	623	331	65
30	397	720	769	429	189,45
45	342	231	617	345	51,683
60	142	99,21	233	108	35,35
75	42,311	75,53	160	75	27,21
90	20	32,92	134	63	20,55

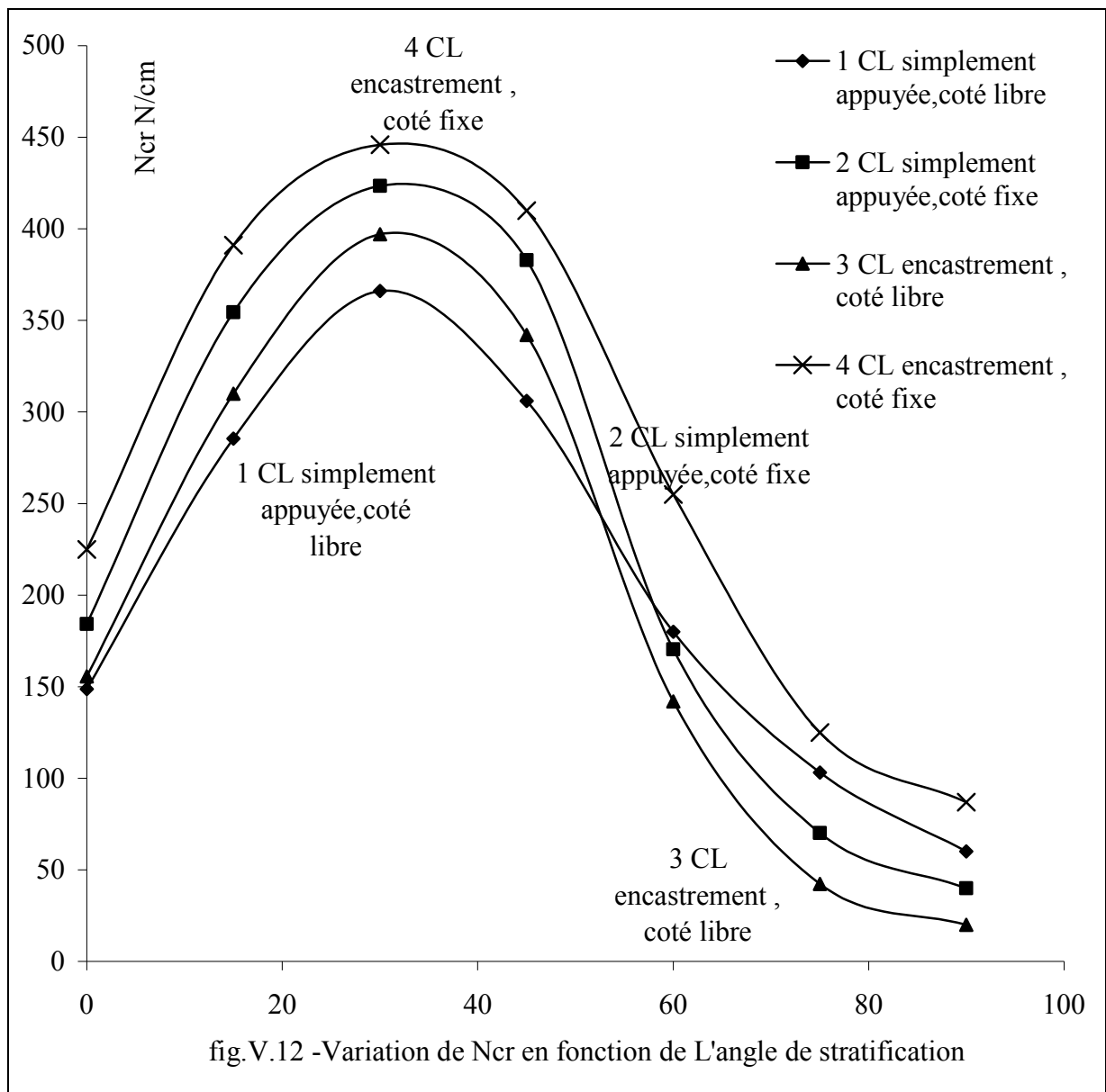


Tableau V.9 La quatrième condition aux limites : (encastrement, coté fixe)

L'angle θ	c/w=0	c/w = 0,2	c/w = 0,4	c/w = 0,6	c/w = 0,8
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	225	633	740	255	193,64
15	391	924	996,8	295,2	380
30	446	1059	903	419,1	498
45	410	282,83	647	317,5	290
60	255	43,36	251,4	85	102
75	125	10,7	196,25	65,2	68
90	87	10,3	163	47,25	44

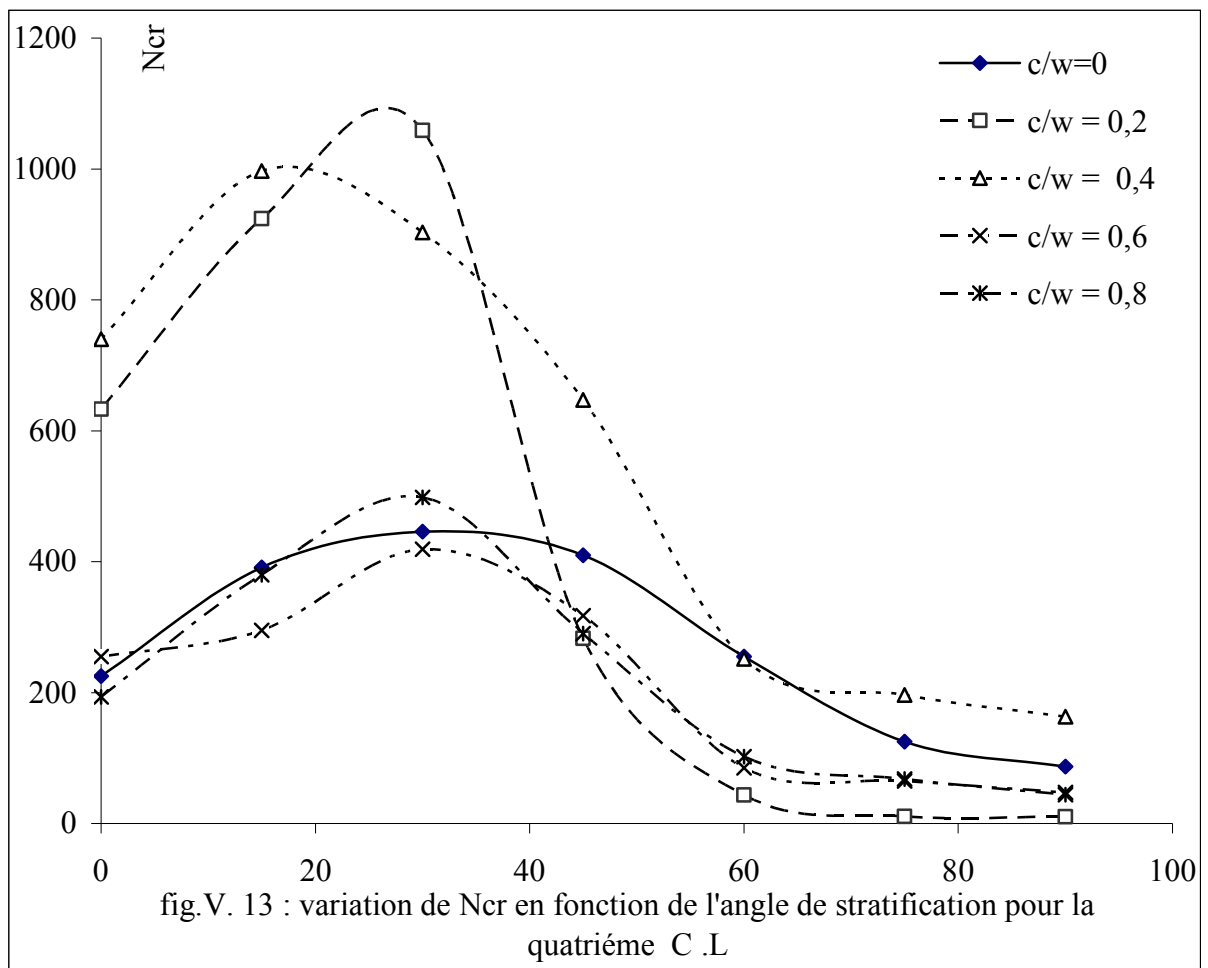
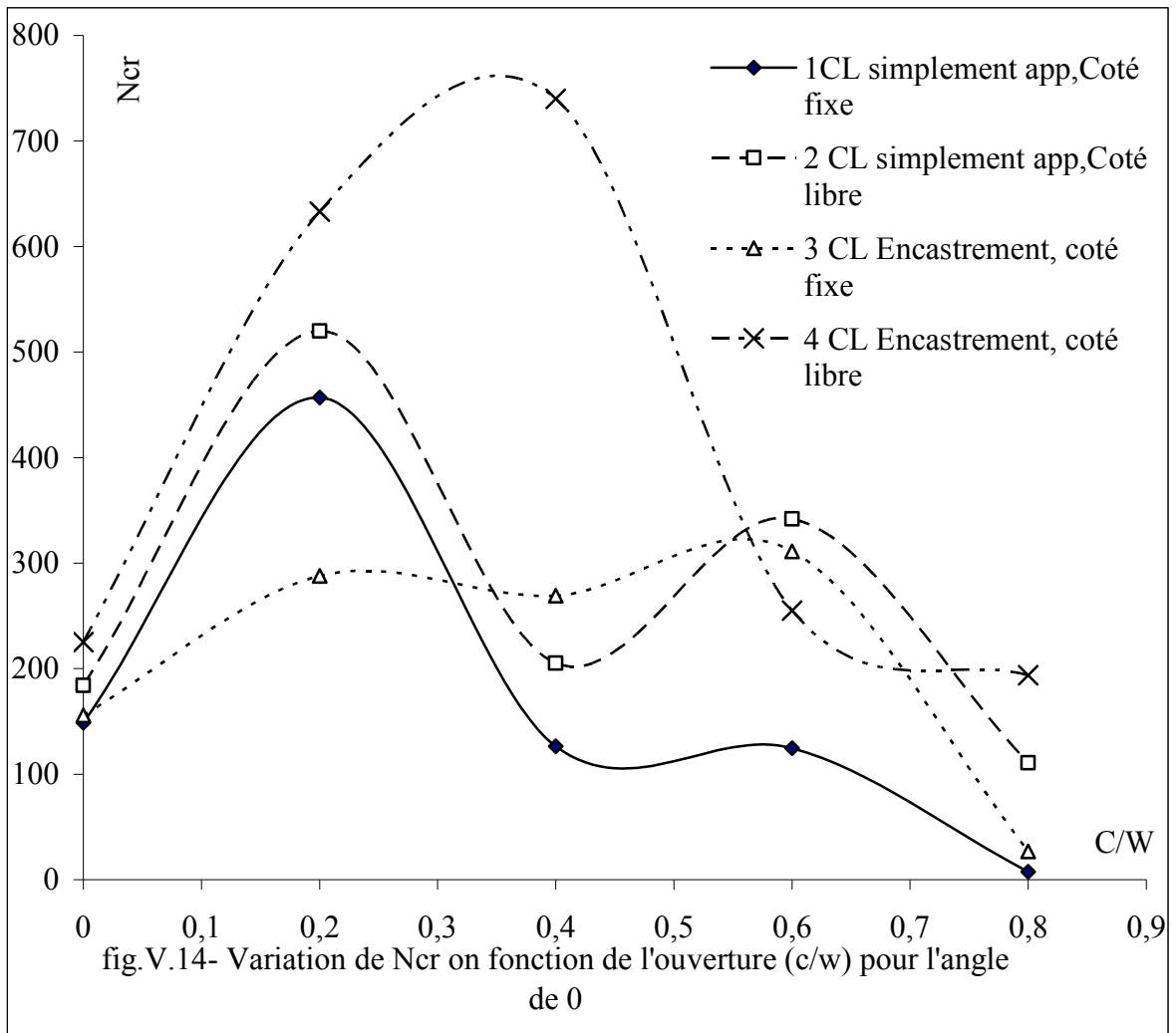
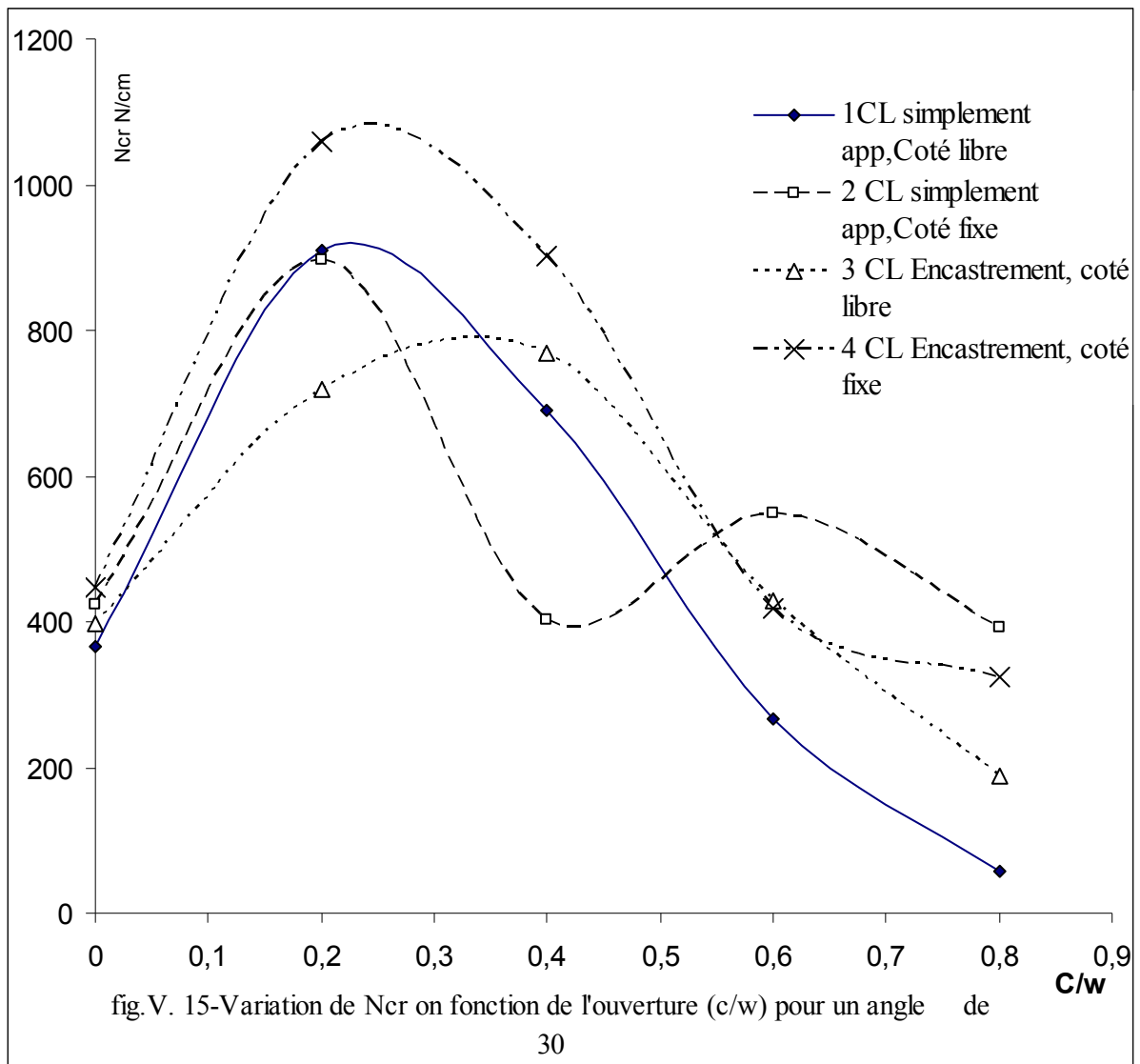


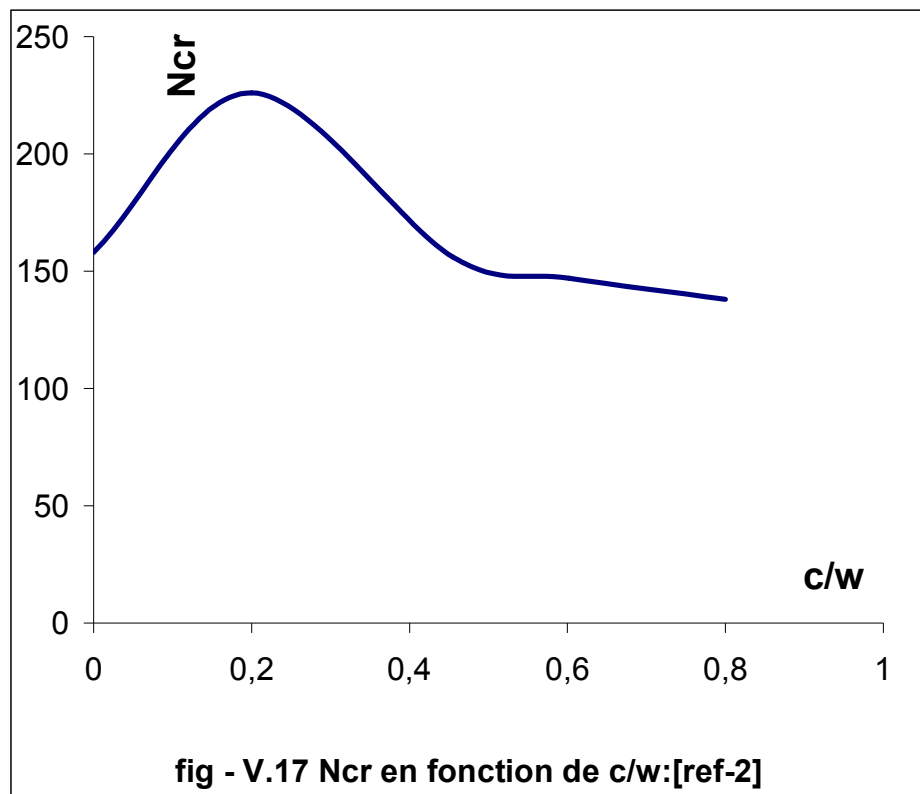
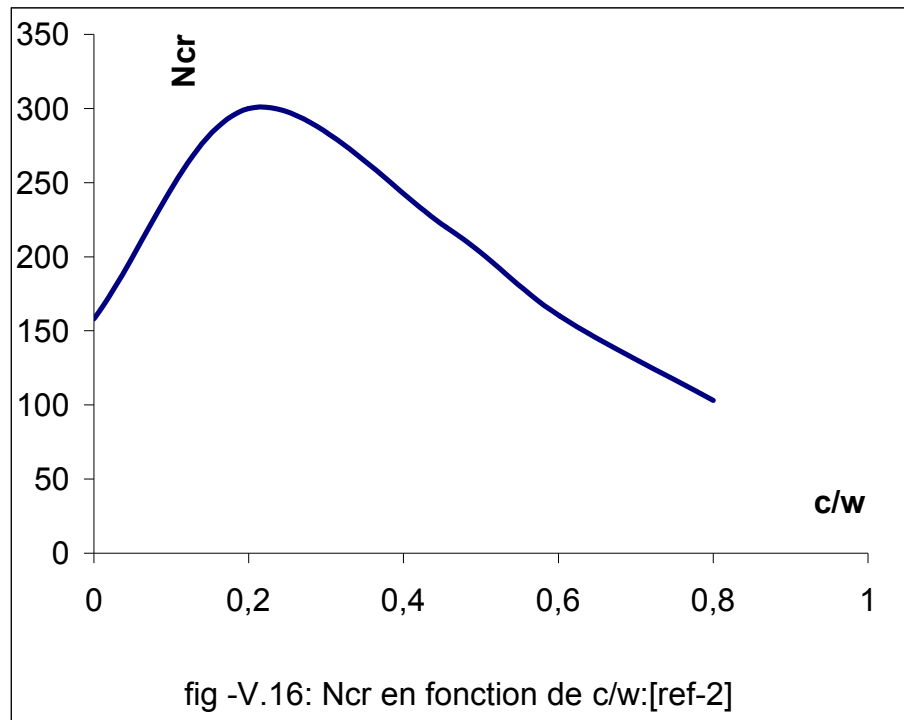
Tableau V.10 Variation N_{cr} de en fonction de C/W pour $\theta = 0$

Le rapport C/W	1 CL simplement appuyée, coté libre	2 CL simplement appuyée, coté fixe	3 CL encastrement, coté libre	4 CL encastrement, coté fixe
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	148,65	184,205	155,65	225
0,2	457	520,1	288	633
0,4	126,59	205,3	269,1	740
0,6	124,6	342	311	255
0,8	7,5907	110,63	27	193,64



Le rapport C/W	1CL simplement app. Coté fixe	2 CL simplement app. Coté libre	3 CL Encastrement, coté fixe	4 CL Encastrement, coté libre
	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}	N_{cr}
0	366,09	423,45	397	446
0,2	910,58	896,63	720	1059
0,4	689,4	402,7	769	903
0,6	266	549	429	419,1
0,8	58	392,48	189,45	325





Discussion :

Les figures de V.5 à V.9 montrent les courbes des charges critiques en fonction de θ l'angle de stratification, et pour des différentes conditions aux limites et rapports (c/w) des ouvertures. On remarque que ces courbes représentent pratiquement la même allure.

On remarque (figure V.5) un changement de mode de flambage lorsque l'angle de stratification θ atteint 30° . Le tableau V.5 qui représente les valeurs des charges critiques nous montre que les valeurs de ces derniers sont maximales pour le cas d'encastrement et coté fixe (4 CL).

Dans la figure V.6 on remarque un changement de mode de flambage lorsque l'angle de stratification θ atteint 30° . Le tableau V.6 qui représente les valeurs des charges critiques nous montre que les valeurs de ces derniers sont maximales pour le cas d'encastrement et coté fixe (4 CL) avant le changement des modes des flambage, après les changements des modes les valeurs des charges critique pour le cas d'une plaque simplement appuyée et des cotés libres seront les plus grandes.

La figure V.7 montre les courbes de la charge critique en fonction de θ l'angle de stratification pour le rapport ($c/w=0,4$) et pour les différentes conditions aux limites. On remarque un changement de mode de flambage lorsque l'angle de stratification θ atteint 30° sauf le cas de l'application de la quatrième condition aux limites (encastrement, coté fixe) le changement de mode se voit lorsque θ atteint 15° . Le tableau V.1 qui représente les valeurs des charges critiques nous montre que les valeurs de ces derniers sont maximales pour le cas d'encastrement et coté fixe (4 CL).

Un changement de mode de flambage dans la figure V.8 lorsque l'angle de stratification θ atteint 30° . Le tableau V.8 qui représente les valeurs des charges critiques nous montre que les valeurs de ces derniers sont maximales pour le cas d'une plaque simplement appuyée et des cotés fixes (2 CL).

La figure V.9 montre les courbes de la charge critique en fonction de θ l'angle de stratification pour le rapport ($c/w=0,8$) et pour les différentes conditions aux limites. On remarque un changement de mode de flambage lorsque l'angle de stratification θ atteint 30° . Le tableau V.9 qui représente les valeurs des charges critiques nous montre que les valeurs de ces derniers sont maximales pour le cas d'une plaque a encastrement et coté fixe (4 CL).

Les figures de V.6 à V.13 montrent les courbes des variations des charges critiques en fonction de θ l'angle de stratification, et pour des différents rapports (c/w) des ouvertures, Dans chaque figure on fixe les conditions aux limites. On remarque que ces courbes représentent pratiquement la même allure. Pour les figures V.10 à V.12 on remarque qu'il y a un changement de mode de flambage lorsque l'angle d'orientation des couches atteint une valeur ($\theta =30^\circ$).Le cas d'un encastrement et coté fixe (figure V.13) le changement de mode reste le même pour tous les cas sauf le cas du rapport ($c/w=0,4$), on remarque que le changement se voit lorsque l'angle θ atteint la valeur de 15° .

Les figures de V.14 à V.15 montrent les variations des charges critiques en fonction des différents rapports (c/w) des ouvertures, et pour différentes conditions aux limites avec un angle de stratification θ fixe.

Pour la courbe V.14, pour un angle de stratification $\theta=0$, On remarque qu'il y a quatre changements de mode de flambage, pour chaque valeur du rapport (c/w) on a un mode différent des autres modes. Mais dans le cas de la quatrième condition au limites (encastrement, coté fixe) on remarque qu'il y a un seul changement de mode si lorsque $c/w=0,4$.

Pour la courbe V.15, pour un angle de stratification $\theta=30$, On remarque qu'il y a un changement de mode de flambage lorsque $c/w=0,2$ des cas d'une plaque simplement appuyée et coté libre et aussi une plaque avec encastrement et coté fixe. Le cas d'une encastrement et coté libre le changement de mode aura lieu pour le rapport $c/w=0,4$.le cas d'une plaque

simplement appuyée et coté fixe on remarque quatre changements de mode de flambage, pour chaque rapport c/w il y a un mode différent des autres modes.

- CL : Condition au Limite.
- 1 CL : Simplement appuyée, Coté libre.
- 2 CL : Simplement appuyée, Coté fixe.
- 3 CL : Encastrement, Coté Libre.
- 4 CL : Encastrement, Coté fixe.