
MINI PROJET SUR LES ASSEMBLAGES VISSÉS : PROJET 1

Objectif :

Faire des comparaisons entre les calculs théoriques vus en cours et des simulations obtenues grâce au logiciel CatiaV5 avec la méthode des éléments finis.

On cherche à quantifier, sur des exemples simples, les erreurs découlant des hypothèses et méthodes simplifiées utilisées dans le cours.

1) Réalisation de l'assemblage boulonné sur CATIA V5

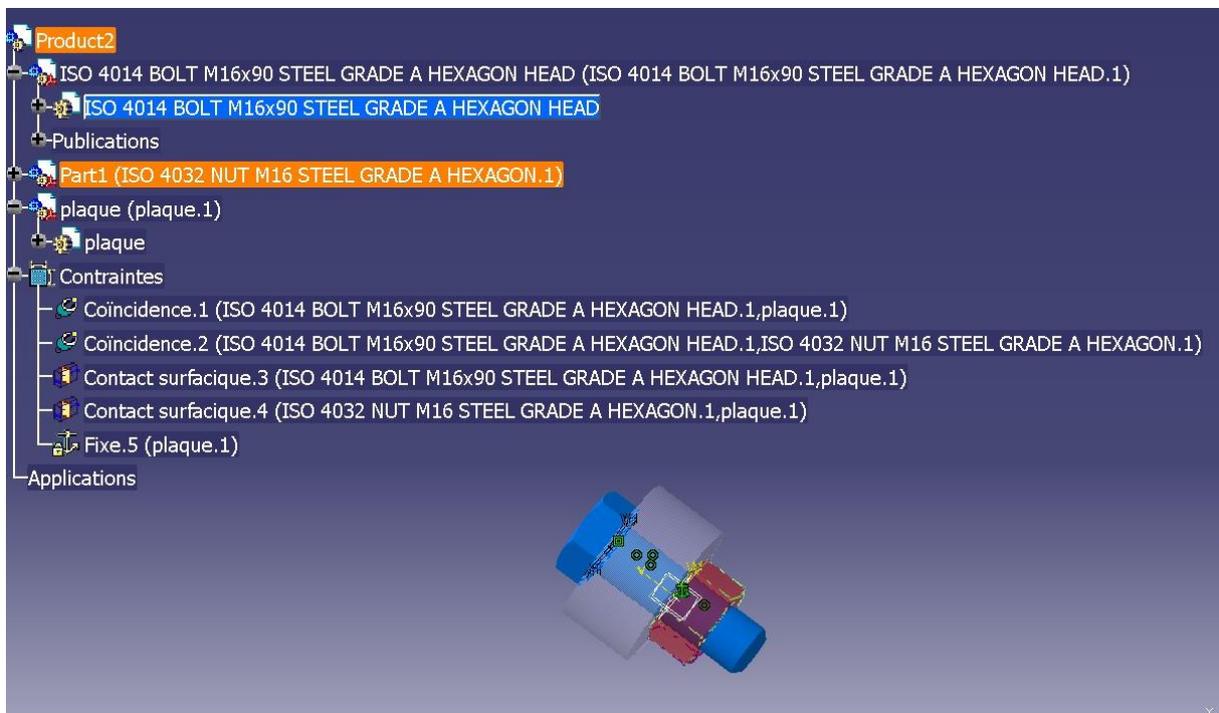


Figure 1 : assemblage boulonné

2) On réalise un quart de coupe et on le contraint dans le module analysis de CATIA

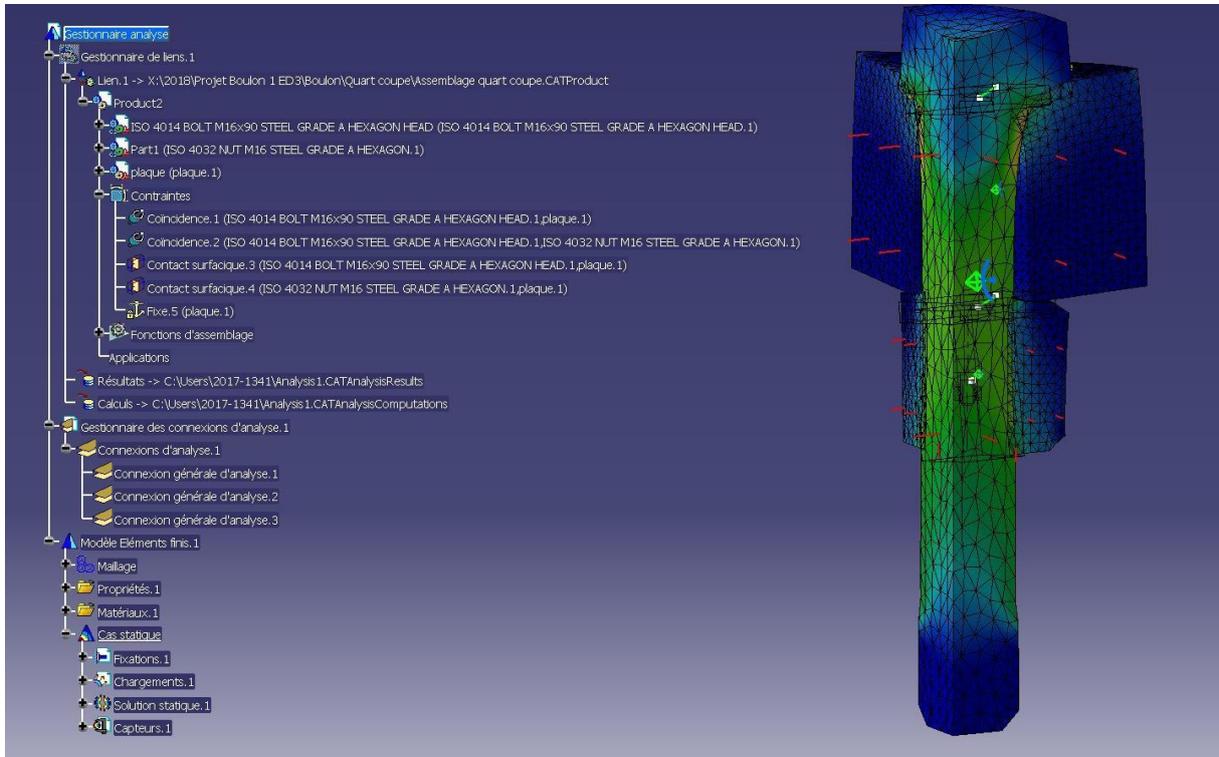


Figure 2

On remarque que l'assemblage n'est pas dans un repère global, on crée alors notre propre repère qui nous servira après pour l'application des forces. (Figure 3)

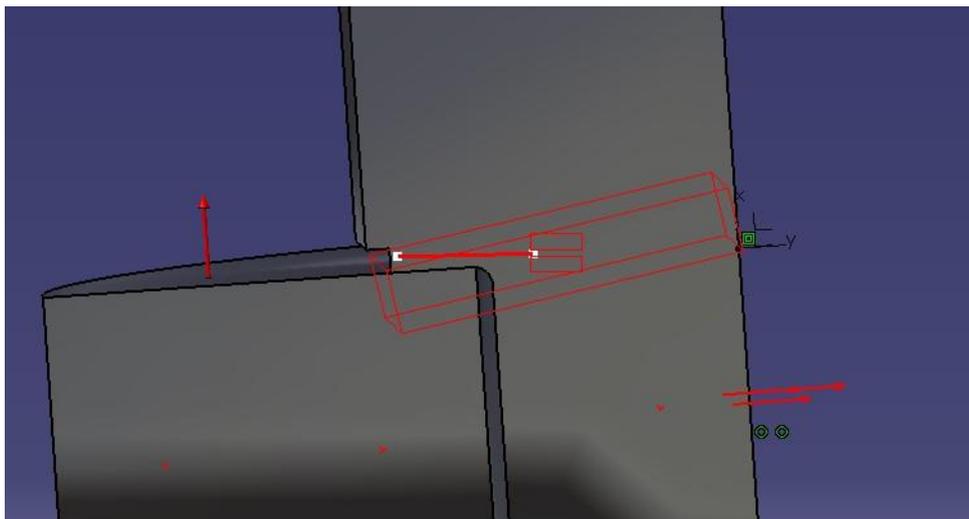


Figure 3

On calcule la force extérieure à appliquer (Figure 4) :

$$F_{ext} = \frac{145000}{4} = 36250N$$

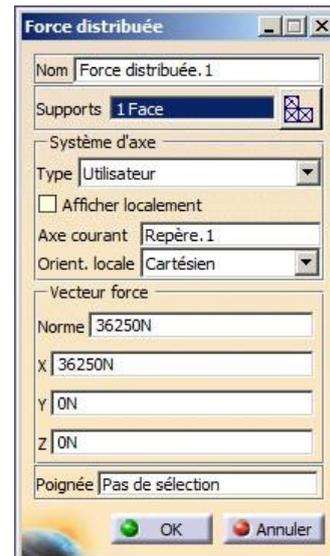


Figure 4

Convergence :

On modifie la taille des mailles de la plaque jusqu'à convergence. Ici la convergence se fait à 2 mm.

Pas	4 mm	3 mm	2 mm	1 mm
Sigma mesuré	860 Mpa	870 Mpa	856 Mpa	856 Mpa

3) Etude en fonction du diamètre et de l'épaisseur

Cas 1 : D=2*Da et e=Da

On applique la méthode **VDI 2230 1983** :

Ici : $D_a = 22.49$ mm, $D_p = 44.98$ mm et $L_p = 22.49$ mm donc nous sommes dans le cas où :

$$D_p \geq D_a + L_p$$

De plus, on se trouve dans le cas d'un serrage par écrou. On utilise alors la formule du calcul de A_p (section équivalente) correspondante dans l'excel. (Annexe 1)

Grâce à la formule de VDI 2230 1983 on obtient :

$$\sigma_{max} \quad K_p = 4,44 \cdot 10^6 \text{ N/mm} = 909,92 \text{ MPa}$$

Grâce à la formule de **Rasmussen** (Annexe 2) on obtient :

$$\sigma_{max} = 890,89\text{MPa} \quad F_{o_{max}} = 127462,5 \text{ N} \quad K_p = 2,57 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

$$\text{On impose donc un serrage de : } \frac{F_{o_{max}}}{4} = 31\,865.6 \text{ N pour}$$

Rasmussen. (Figure 5)



Figure 5

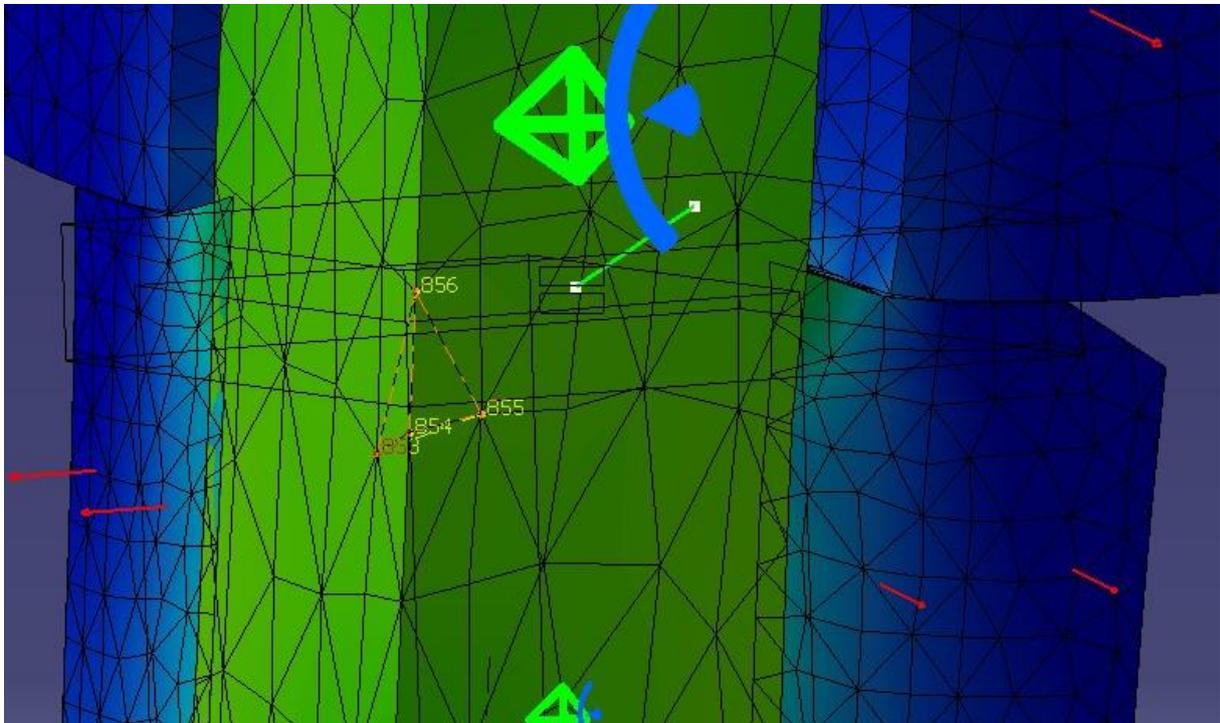


Figure 6 : observation de la contrainte maximale sur CATIA V5

On se place tout d'abord là où la contrainte est maximale (comme sur la figure 6).

D'après l'analyse avec éléments finis de CATIA on obtient : $\sigma_{max} = 856 \text{ MPa}$

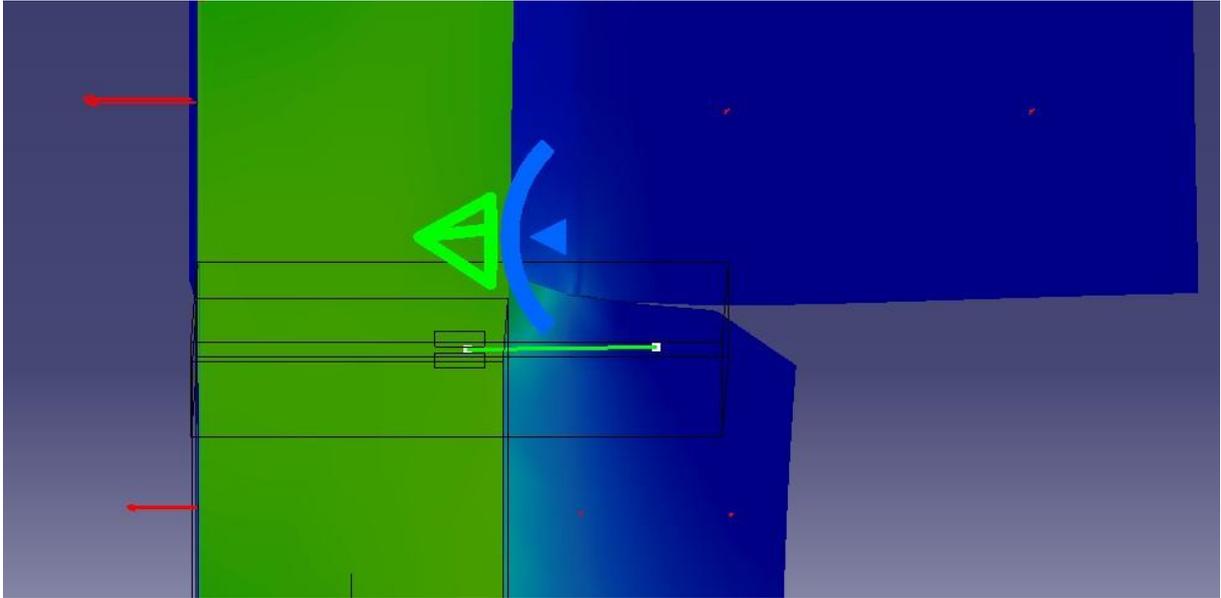


Figure 7: Début décollement cas 1

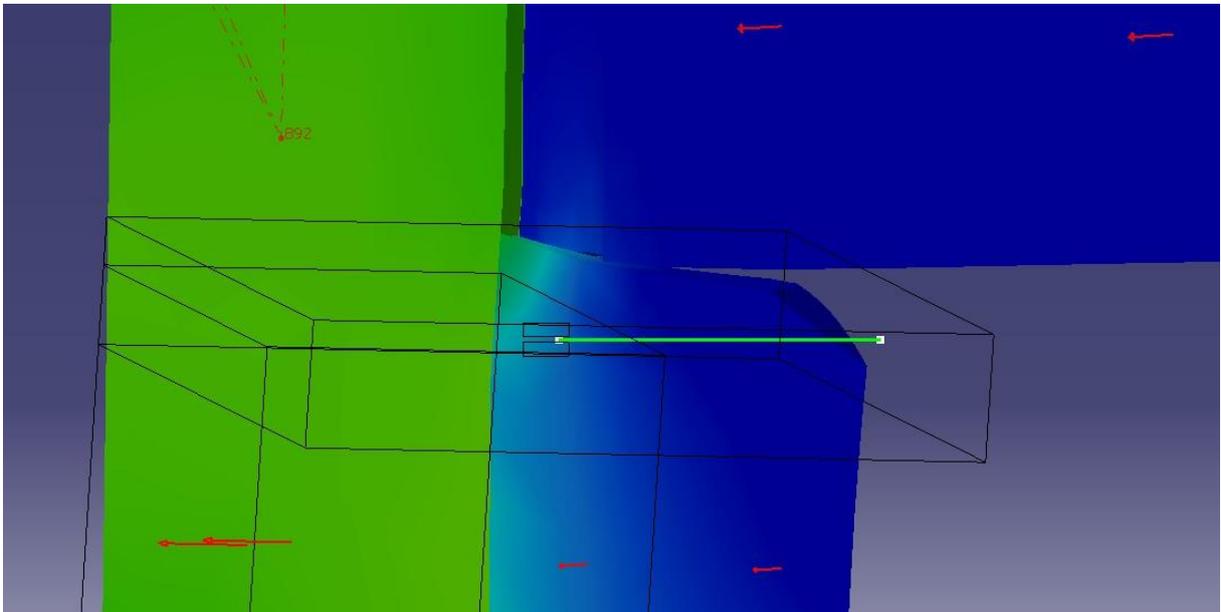


Figure 8: Fin du décollement cas 1

Grâce à CATIA, et en utilisant la formule suivante :

$$F_{\text{Edécollt}} : F_P = 0 = F_0 - [1 - K_v / (K_v + K_p)] \cdot F_{\text{Edécollt}} \text{ avec un cas où } \mu = 1$$

On prend pour force de décollement la moyenne entre début et fin de décollement.

On déduit que :

$$K_p = 3,67 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

On réalise la même démarche pour les différents cas (les différents tableaux Excel pour « Rasmussen » et « VDI 2230 1983 » sont regroupés en annexe).

4) On réalise une demi-coupe et on la contraint dans le module analysis de CATIA

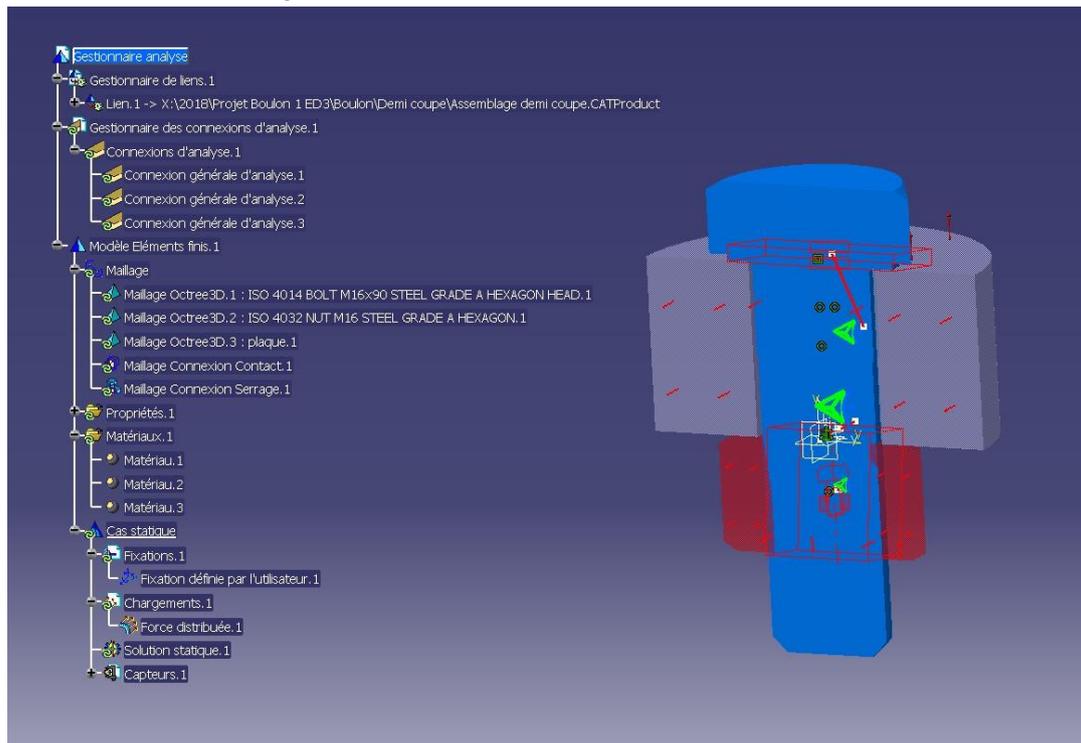


Figure 9 : demi coupe

On vérifie la cohérence entre demi et quart de coupe pour le cas 1 et on suppose que cela reste vrai pour les autres.

On a obtenu $F_o \text{ maxi} = 127462.5 \text{ N}$

Donc on en déduit le serrage :

$$F_o \frac{\text{maxi}}{2} = 63731.25 \text{ N}$$

(voir Figure 10)

De même pour la force distribuée. (voir Figure 11)



Figure 10

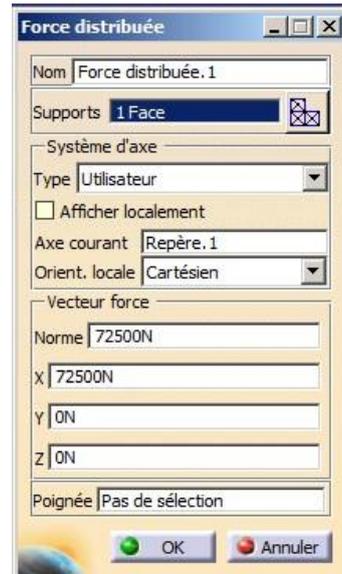


Figure 11

½ de vis :

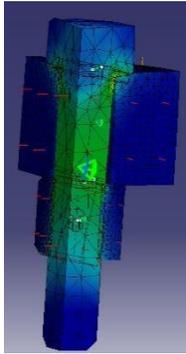
$$D=2*Da \text{ et } e=Da$$

**éléments finis de
Catia**

$$\sigma_{\max} = 855 \text{MPa}$$

On retrouve donc une contrainte dans la vis très proche de celle trouvée dans le quart de coupe : 856 Mpa. Par conséquent, on peut valider la correspondance.

A la suite de l'étude des différents cas on obtient le tableau ci-dessous :



¼ de vis :

D=2*Da et e=Da D=2*Da et
D=4*Da et D=4*Da et e=3*Da
e=3*Da e=Da

« Rasmussen »	$\sigma_{\max} = 891 \text{ MPa}$	905 MPa	910 MPa	893 MPa
	Force de décollement : 181 250 N	181 250 N	181 250 N	181 250 N
	$K_p = 2,57.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 1,68.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 1,94.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 2,70.10^6 \text{ N/mm}$
VDI2230 1983	$\sigma_{\max} = 910 \text{ MPa}$	912 Mpa	922 Mpa	910 Mpa
	Force de décollement : 181 250 N	181 250 N	181 250 N	181 250 N
	$K_p = 4,44.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 2,06.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 3,11.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 4,44.10^6 \text{ N/mm}$
Éléments finis de Catia	$\sigma_{\max} = 856 \text{ MPa}$	892 MPa	871 Mpa	821 Mpa
	Début décollement : 160 000 N Fin décollement : 170 000 N	156 000 N 166 000 N	160 000 N 171 000 N	141 000 N 148 000 N
	$K_p = 3,67.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 3,41.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 3,47.10^6 \text{ N/mm}$	$K_p = 3,85.10^6 \text{ N/mm}$

Ce qui nous intéresse étant la comparaison de la raideur de plaque obtenue avec les différentes méthodes, on trace le graphique ci-dessous :

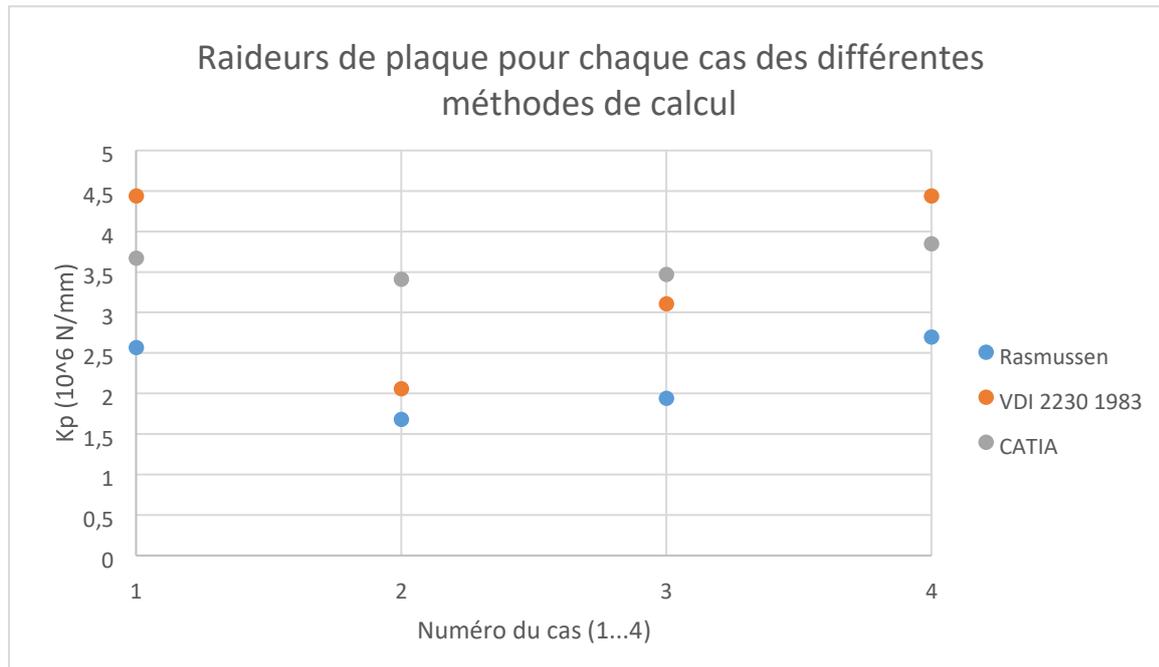


Figure 12 : Comparaison graphique

On constate facilement que la méthode « Rasmussen » tend à minimiser la raideur de plaque. Entre la méthode « VDI 2230 1983 » et l'étude sous CATIA, en fonction des cas l'un ou l'autre des méthodes maximise la raideur de plaque. Cependant, le résultat au cas 2 ferait pencher la balance en faveur de CATIA s'il fallait choisir une méthode qui maximise la raideur sans savoir dans quel cas nous nous trouvons.

5) Conclusion

Dans le cadre de l'étude : contrainte dans la vis de l'ordre de la limite élastique en qualité 10.9 (environ 900 MPa) et plaque cylindrique, on peut dire qu'en moyenne, la méthode qui surdimensionne le plus les caractéristiques de la vis est le module d'éléments finis de Catia V5. Cependant, cela dépend des cas car la méthode VDI 2230 1983 se voit aussi surdimensionner plus que le module d'éléments finis de Catia V5 dans certains cas.

Annexe

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Da (mm)	22,49		VDI 2230 1983					
3	Dp (mm)	44,98							
4	Lp (mm)	22,49							Ap
5	Dt (mm)	17		x	0,62996052				499,3543049
6									
7	E plaque (MPa)	200000							
8	épaisseur plaque(s) en mm	22,49							
9	Pas de la vis	2							
10	Ap (mm ²)	499,354305		Calcul avec coef gamma					
11	Kp en N/mm	4,44E+06		Coef Gamma	1				
12									
13	Diam Vis	16		Préc F ₀ sans tasst	145671,577	N			
14	Diam d2	14,701		F ₀ avec tasst	145671,6				
15	Section résist	191,373976		F ₀ Maxi avec incertitude	145671,577	N			
16	Evis en MPa	200000							
17	Kv en N/mm	1,08E+06		Force maxi vis	174134,32	Couple torsion	233890,64	N.mm	
18				Sigma maxi	909,916381	Tau maxi	422,775514	MPa	
19				Coef sécu	1,11	Von Mises*Coef	1296,45207	MPa	
20	Incert serrage	0							
21	Tassement fz en mm	0,00369378							
22	Tassement Fz en N	0,0							
23									
24	Fext maxi	145000							
25	Fext décoll	181250							
26									
27	Nb de vis	1							

Annexe 1 : Cas 1 VDI 2230 1983

Da (mm)	22,49	Rasmussen							
Dp (mm)	44,98	Dp*	2	Calcul de Ap*	1er terme	Produit 2° par Tan-1			Ap*
Lp (mm)	22,49	Lp*	1		0,33664367	0,234759			0,571402667
Dt (mm)	17	Dt*	0,75589151			2eme terme			
						1,5			
E plaque (MPa)	200000					Tan-1			
épaisseur plaque(s) en mm	22,49					0,156506			
Pas de la vis en mm	2								
Ap (mm ²)	289,015526	Calcul avec coef gamma							
Kp en N/mm	2,57E+06	Coef Gamma	1						
Diam Vis en mm	16	Préc F ₀ sans tasst	127462,45	N					
Diam d2 en mm	14,701	F ₀ avec tasst	127462,4	N					
Section résist en mm ²	191,373976	F ₀ Maxi avec incertitude	127462,45	N					
Evis en MPa	200000								
Kv en N/mm	1,08E+06	Force maxi vis en N	170492,49	Couple torsion	204654,022	N.mm			
		Sigma maxi en MPa	890,886493	Tau maxi	369,928053	MPa			
		Coef sécu	1,111	Von Mises*Coef	1219,17712	MPa			
Incert serrage	0								
Tassement fz en mm	0,00369378								
Tassement Fz en N	0,0								
Fext maxi en N	145000								
Fext décoll en N	181250								
Nb de vis	1								
Légende des couleurs :									
	Donnée								
	Résultat								

Annexe 2 : Rasmussen cas 1

Da (mm)	22,49	Rasmussen					
Dp (mm)	44,98	Dp*	2	Calcul de Ap*	1er terme	Produit 2° par Tan-1	Ap*
Lp (mm)	67,47	Lp*	3		0,33664367	0,786394952	1,123038619
Dt (mm)	17	Dt*	0,75589151		2eme terme		
E plaque (MPa)	200000				1,5		
épaisseur plaque(s) en mm	67,47				Tan-1		
Pas de la vis en mm	2				0,5242633		
Ap (mm²)	568,033046	Calcul avec coef gamma					
Kp en N/mm	1,68E+06	Coef Gamma	1				
Diam Vis en mm	16	Préc F ₀ sans tasst	141250,345	N			
Diam d2 en mm	14,701	F ₀ avec tasst	141250,3	N			
Section résist en mm²	191,373976	F ₀ Maxi avec incertitude	141250,345	N			
Evis en MPa	200000						
Kv en N/mm	4,77E+05	Force maxi vis en N	173250,07	Couple torsion	226791,9	N.mm	
		Sigma maxi en MPa	905,295867	Tau maxi	409,94399	MPa	
		Coef sécu	1,111	Von Mises*Coef	1278,24054	MPa	
Incert serrage	0						
Tassement fz en mm	0,00536652						
Tassement Fz en N	0,0						
Fext maxi en N	145000						
Fext décoll en N	181250						
Nb de vis	1						
Légende des couleurs :							
	Donnée						
	Résultat						

Annexe 3 : Rasmussen cas 2, D=2*Da et e=3*Da

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Da (mm)	22,49		VDI 2230 1983					
3	Dp (mm)	44,98							Ap
4	Lp (mm)	67,47	x		0,9085603				695,1672087
5	Dt (mm)	17							
6									
7	E plaque (MPa)	200000							
8	épaisseur plaque(s) en mm	67,47							
9	Pas de la vis	2							
10	Ap (mm²)	695,167209		Calcul avec coef gamma					
11	Kp en N/mm	2,06E+06		Coef Gamma	1				
12									
13	Diam Vis	16		Préc F ₀ sans tasst	147190,974	N			
14	Diam d2	14,701		F ₀ avec tasst	147191,0				
15	Section résist	191,373976		F ₀ Maxi avec incertitude	147190,974	N			
16	Evis en MPa	200000							
17	Kv en N/mm	4,77E+05		Force maxi vis	174438,19	Couple torsion	236330,188	N.mm	
18				Sigma maxi	911,504264	Tau maxi	427,185186	MPa	
19				Coef sécu	1,11	Von Mises*Coef	1303,15209	MPa	
20	Incert serrage	0							
21	Tassement fz en mm	0,00536652							
22	Tassement Fz en N	0,0							
23									
24	Fext maxi	145000							
25	Fext décoll	181250							
26									
27	Nb de vis	1							

Annexe 4 : Cas 2 VDI 2230 1983, D=2*Da et e=3*Da

Da (mm)	22,49	Rasmussen						
Dp (mm)	89,96	Dp*	4	Calcul de Ap*	1er terme	Produit 2° par Tan-1	Ap*	
Lp (mm)	67,47	Lp*	3		0,33664367	0,958487656	1,295131322	
Dt (mm)	17	Dt*	0,75589151		2eme terme			
					7,5			
E plaque (MPa)	200000				Tan-1			
épaisseur plaque(s) en mm	67,47				0,12779835			
Pas de la vis en mm	2							
Ap (mm²)	655,077552	Calcul avec coef gamma						
Kp en N/mm	1,94E+06	Coef Gamma	1					
Diam Vis en mm	16	Préc F ₀ sans tasst	145517,538	N				
Diam d2 en mm	14,701	F ₀ avec tasst	145517,5	N				
Section résist en mm²	191,373976	F ₀ Maxi avec incertitude	145517,538	N				
Evis en MPa	200000							
Kv en N/mm	4,77E+05	Force maxi vis en N	174103,51	Couple torsion	233643,315	N.mm		
		Sigma maxi en MPa	909,755399	Tau maxi	422,328454	MPa		
		Coef sécu	1,111	Von Mises*Coef	1296,94147	MPa		
Incert serrage	0							
Tassement fz en mm	0,00536652							
Tassement Fz en N	0,0							
Fext maxi en N	145000							
Fext décoll en N	181250							
Nb de vis	1							
Légende des couleurs :								
	Donnée							
	Résultat							

Annexe 5 : Rasmussen cas 3 ; D=4*Da et e=3*Da

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Da (mm)	22,49		VDI 2230 1983					
3	Dp (mm)	89,96							Ap
4	Lp (mm)	67,47	x		0,57235712				1047,595155
5	Dt (mm)	17							
6									
7	E plaque (MPa)	200000							
8	épaisseur plaque(s) en mm	67,47							
9	Pas de la vis	2							
10	Ap (mm²)	1047,59516		Calcul avec coef gamma					
11	Kp en N/mm	3,11E+06		Coef Gamma	1				
12									
13	Diam Vis	16		Préc F ₀ sans tasst	157123,805	N			
14	Diam d2	14,701		F ₀ avec tasst	157123,8				
15	Section résist	191,373976		F ₀ Maxi avec incertitude	157123,805	N			
16	Evis en MPa	200000							
17	Kv en N/mm	4,77E+05		Force maxi vis	176424,76	Couple torsion	252278,366	N.mm	
18				Sigma maxi	921,88481	Tau maxi	456,012758	MPa	
19				Coef sécu	1,11	Von Mises*Coef	1347,50274	MPa	
20	Incert serrage	0							
21	Tassement fz en mm	0,00536652							
22	Tassement Fz en N	0,0							
23									
24	Fext maxi	145000							
25	Fext décoll	181250							
26									
27	Nb de vis	1							

Annexe 6 : Cas 3 VDI 2230 1983 ; D=4*Da et e=3*Da

Da (mm)	22,49	Rasmussen					
Dp (mm)	89,96	Dp*	4	Calcul de Ap*	1er terme	Produit 2° par Tan-1	Ap*
Lp (mm)	22,49	Lp*	1		0,33664367	0,262889777	0,599533444
Dt (mm)	17	Dt*	0,75589151		2eme terme		
					7,5		
E plaque (MPa)	200000				Tan-1		
épaisseur plaque(s) en mm	22,49				0,03505197		
Pas de la vis en mm	2						
Ap (mm²)	303,244076	Calcul avec coef gamma					
Kp en N/mm	2,70E+06	Coef Gamma	1				
Diam Vis en mm	16	Préc F ₀ sans tasst	129262,332	N			
Diam d2 en mm	14,701	F ₀ avec tasst	129262,3	N			
Section résist en mm²	191,373976	F ₀ Maxi avec incertitude	129262,332	N			
Evis en MPa	200000						
Kv en N/mm	1,08E+06	Force maxi vis en N	170852,47	Couple torsion	207543,917	N.mm	
		Sigma maxi en MPa	892,767504	Tau maxi	375,151763	MPa	
		Coef sécu	1,111	Von Mises*Coef	1226,76253	MPa	
Incert serrage	0						
Tassement fz en mm	0,00369378						
Tassement Fz en N	0,0						
Fext maxi en N	145000						
Fext décoll en N	181250						
Nb de vis	1						
Légende des couleurs :							
	Donnée						
	Résultat						

Annexe 7 : Rasmussen cas 4, D=4*Da et e=Da

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Da (mm)	22,49		VDI 2230 1983					
3	Dp (mm)	89,96							Ap
4	Lp (mm)	22,49	x		0,62996052				499,3543049
5	Dt (mm)	17							
6									
7	E plaque (MPa)	200000							
8	épaisseur plaque(s) en mm	22,49							
9	Pas de la vis	2							
10	Ap (mm²)	499,354305		Calcul avec coef gamma					
11	Kp en N/mm	4,44E+06		Coef Gamma	1				
12									
13	Diam Vis	16		Préc F ₀ sans tasst	145671,577	N			
14	Diam d2	14,701		F ₀ avec tasst	145671,6				
15	Section résist	191,373976		F ₀ Maxi avec incertitude	145671,577	N			
16	Evis en MPa	200000							
17	Kv en N/mm	1,08E+06		Force maxi vis	174134,32	Couple torsion	233890,64	N.mm	
18				Sigma maxi	909,916381	Tau maxi	422,775514	MPa	
19				Coef sécu	1,11	Von Mises*Coef	1296,45207	MPa	
20	Incert serrage	0							
21	Tassement fz en mm	0,00369378							
22	Tassement Fz en N	0,0							
23									
24	Fext maxi	145000							
25	Fext décoll	181250							
26									
27	Nb de vis	1							

Annexe 8 : Cas 4 VDI 2233 1983, D=4*Da et e=Da