

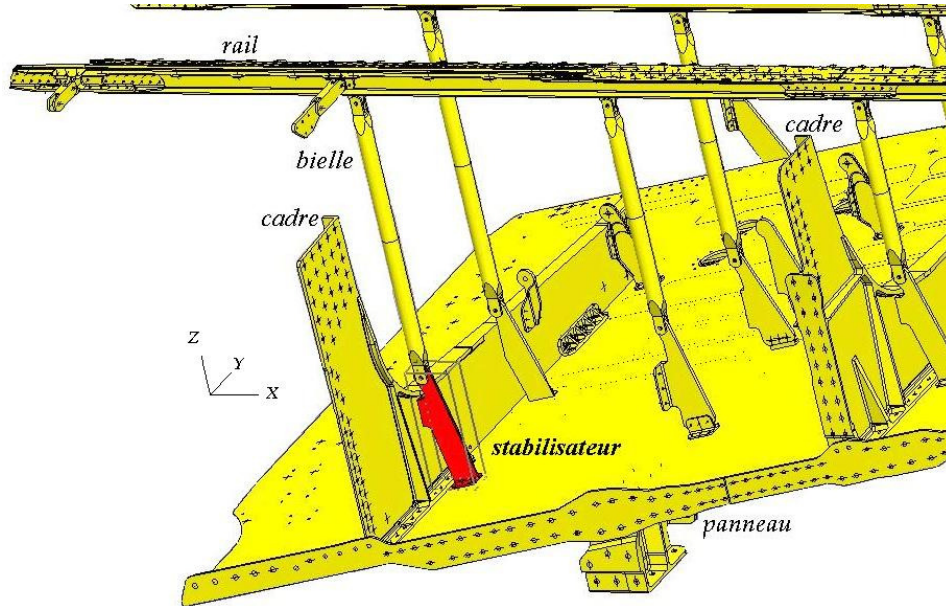
STABILISATEUR DE BIELLE POUR A 380

1 OBJECTIF DE L'ETUDE

Quels modèles pour des calculs manuels et quels modèles éléments finis pour vérifier ?

Appliquer des modèles simples (utilisés industriellement) pour un pré-dimensionnement structural permettant d'estimer la reprise d'efforts dans des liaisons structurales boulonnées afin de justifier leurs dimensions ainsi que celles des dimensions transversales de la pièce (les marges associées aux conditions de rigidité et de résistance ne sont pas demandées). Une étude comparative avec les résultats des modèles éléments finis permettra d'avoir une idée de la validité de ces modèles simples.

2 MISE EN SITUATION



L'ensemble représenté ci-dessus (voir mise en plan) est un stabilisateur (stabilo) situé dans la partie inclinée avant de la case de train de l'Airbus A 380. Ce stabilisateur est usiné dans la masse et comprend une semelle permettant la liaison sur le cadre par 3 boulons ajustés et un patin permettant la liaison sur le panneau incliné par 6 boulons ajustés. Par l'intermédiaire de sa chape mâle il permet la reprise d'effort transitant par la bielle entre un cadre et un rail du plancher où sont ancrés les sièges.

3 DONNEES

Pièces	Nuances normalisées	Module d'élasticité E (MPa)	Coef. de Poisson ν	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Résistance à la rupture à la traction R _r (MPa)	Limite élastique à la traction R _e (MPa)	Limite élastique au cisaillement R _{eg} (MPa)
stabilo	7175 (laminé T7351)	73100	0.3	2800	455	380	275
boulon HI-LITE tête bombée	36 Ni Cr Mo 16 acier faiblement allié	205000	0.3	7800	1000	800	525

Pression de matage admissible entre stabilo et boulon ajusté ou rotule dans a chape (montés légèrement serré) : p_{adm} = 625 MPa

4 JUSTIFICATION DU DIMENSIONNEMENT

4.1 Etude statique préliminaire

- ♦Système isolé : stabilisateur
- ♦Bilan des actions mécaniques extérieures (unités N et Nmm)

Ecriture des torseurs des actions transmissibles au centre géométriques de chaque liaison :

- entre la chape du stabilo et la bielle : liaison rotule (entre géométrique F), cas de situation de crash (remarque : bielle soumise en deux forces donc leurs supports sont parallèles à l'axe Z) :

$$\left\{ \mathcal{F}_{\text{bielle / stabilo}} \right\}_F = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F} = Z_F \vec{Z} = \pm 26300 \vec{Z} \\ \vec{\mathcal{M}}_F = \vec{0} \end{array} \right\}_{F,R}$$

- entre la semelle du stabilo et le cadre : liaison encastrement (centre géométrique S) :

$$\left\{ \mathcal{F}_{\text{cadre / stabilo}} \right\}_S = \left\{ \begin{array}{l} \vec{S} = X_S \vec{X} + Y_S \vec{Y} + Z_S \vec{Z} \\ \vec{\mathcal{M}}_S = L_S \vec{X} + M_S \vec{Y} + N_S \vec{Z} \end{array} \right\}_{S,R}$$

- entre le patin du stabilo et le panneau : liaison encastrement (centre géométrique P) :

$$\left\{ \mathcal{F}_{\text{panneau / stabilo}} \right\}_P = \left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = X_P \vec{X} + Y_P \vec{Y} + Z_P \vec{Z} \\ \vec{\mathcal{M}}_P = L_P \vec{X} + M_P \vec{Y} + N_P \vec{Z} \end{array} \right\}_{P,R}$$

♦♦ 12 inconnues algébriques

♦ Il s'avère qu'il est impossible d'appliquer le principe fondamental de la statique. Il est donc nécessaire de proposer un modèle avec une mise en position **isostatique** par rapport à l'environnement du stabilisateur.

♦ Elaboration d'un modèle de calcul isostatique

Compte tenu de la morphologie de la pièce, avec semelle et patin présentant des dépôts peu prononcés par rapport au plan médian du stabilisateur, on propose un modèle permettant une reprise des efforts transmissibles sur des appuis ponctuels A et B situé dans le **plan médian** du stabilisateur (modèle plan). Les effets d'encastrement dans le patin et la semelle sont bien sûr occultés à ce stade de l'élaboration du modèle.

Ecriture des torseurs des actions transmissibles au centre géométriques des deux nouvelles liaisons chaque liaison :

- entre la semelle du stabilo et le cadre : liaison appui ponctuel (centre géo. A) :

$$\{F_{\text{cadre/stabilo}}\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{A} = Z_A \vec{Z} \\ \vec{M}_A = \vec{0} \end{array} \right\}_{A,R}$$

- entre le patin du stabilo et le panneau : liaison appui ponctuel (centre géo. B) :

$$\{F_{\text{panneau/stabilo}}\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{B} = X_B \vec{X} + Z_B \vec{Z} \\ \vec{M}_B = \vec{0} \end{array} \right\}_{B,R}$$

♦ application du principe fondamental de la statique

$$\{F_{\text{cadre/stabilo}}\}_A + \{F_{\text{panneau/stabilo}}\}_B + \{F_{\text{bielle/stabilo}}\}_F \equiv \{0\}$$

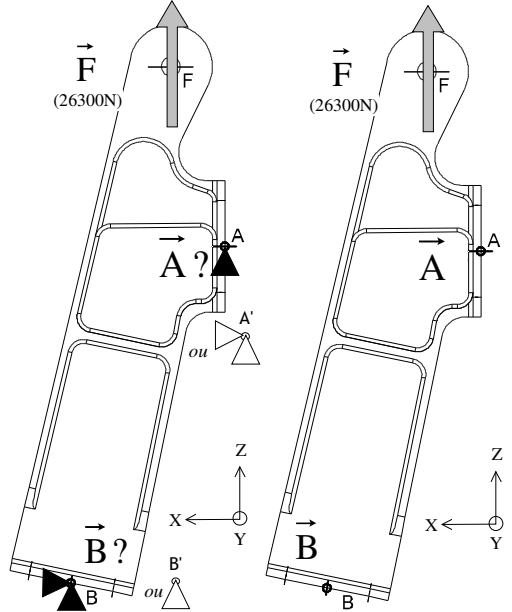
$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} = \vec{F} + \vec{A} + \vec{B} \quad \text{et} \quad \sum \vec{M}_{(\text{Fext})/A} = \vec{0} = \vec{AF} \wedge \vec{F} + \vec{AB} \wedge \vec{B}$$

♦ sur le modèle indiquer les seules cotes nécessaires au calcul

♦ équations des projections : (♦ représenter les forces sur la figure)

forces	/ X :
	/ Z :
moments	/ Y :

♦ Résultats :



4.2 Dimensionnement des formes du stabilisateur

4.2.1 Section de l'âme du stabilisateur

Il s'agit de vérifier le dimensionnement de la section minimum (modèle de calcul poutre, section G-G) quand l'effort est maximum dans le stabilisateur.

○ détermination des éléments de réduction du torseur des actions mécaniques transmissibles de la bielle sur le stabilisateur au centre géométrique G (origine locale du repère global) de cette section :

$$\{F_{\text{rotule/stabilo}}\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \vec{G} = X_G \vec{X} + Y_G \vec{Y} + Z_G \vec{Z} \\ \vec{M}_G = L_G \vec{X} + M_G \vec{Y} + N_G \vec{Z} \end{array} \right\}_{G,R}$$

♦ faire l'application numérique (unités)

X_G		L_G	
Y_G		M_G	
Z_G		N_G	

♦ écrire la matrice de passage du repère global R au repère local r_G :

$$[P_{R \rightarrow r_G}] = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix}$$

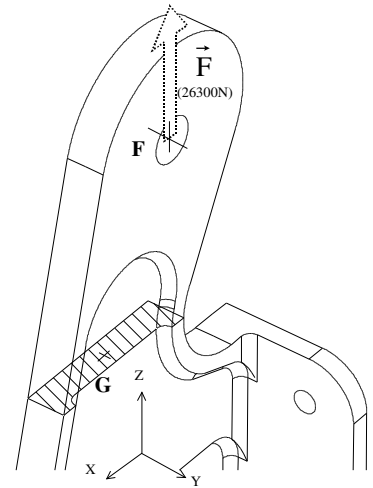
□ détermination des éléments de réduction du torseur de cohésion au centre géométrique G (origine du repère local de cette section) induits par ce torseur des actions mécaniques transmissibles de la bielle sur le stabilisateur

$$\{Coh_{II/I}\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{II/I} = N_x \vec{x} + T_y \vec{y} + T_z \vec{z} \\ \vec{M}_{G(II/I)} = M_x \vec{x} + M_f y \vec{y} + M_f z \vec{z} \end{array} \right\}_{G,r}$$

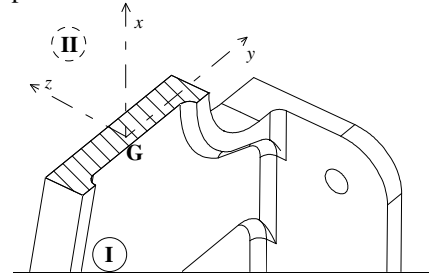
♦ faire l'application numérique (unités)

N		M_x	
T_y		$M_f y$	
T_z		$M_f z$	

♦ représenter ces éléments de réduction



♦ représenter ces éléments de réduction



4.2.2 Section de la semelle du stabilisateur

On considère que seule la force \vec{A} est reprise par la semelle "encastrée" (boulons desserrés) sur le cadre et on se propose d'étudier le comportement de sa section transversale (modèle de calcul poutre « courte ») passant par les trois alésages des boulons.

- détermination des éléments de réduction du torseur des actions mécaniques transmissibles au centre géométrique G_S (origine locale du repère global) de cette section :

$$\left\{ \vec{F}_{A/semelle} \right\}_{G_S} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{S} = X_{G_S} \vec{X} + Y_{G_S} \vec{Y} + Z_{G_S} \vec{Z} \\ \vec{M}_{G_S} = L_{G_S} \vec{X} + M_{G_S} \vec{Y} + N_{G_S} \vec{Z} \end{array} \right\}_{G_S, R}$$

- ◆ faire l'application numérique (unités)

X_{G_S}		L_{G_S}	
Y_{G_S}		M_{G_S}	
Z_{G_S}		N_{G_S}	

- ◆ écrire la matrice de passage du repère global R au repère local r_S :

$$[P_{R \rightarrow r_S}] = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix}$$

- détermination des éléments de réduction du torseur de cohésion au centre géométrique G_S et origine du repère local de cette section :

$$\{ Coh_{II/I} \}_{G_S} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{II/I} = N \vec{x} + T_y \vec{y} + T_z \vec{z} \\ \vec{M}_{G_S(III)} = M_x \vec{x} + Mf_y \vec{y} + Mf_z \vec{z} \end{array} \right\}_{G_S, r}$$

- ◆ faire l'application numérique (unités)

N		M_x	
T_y		Mf_y	
T_z		Mf_z	

- calculs des contraintes engendrées :

On ne tient pas compte ici du phénomène de concentration de contraintes bien que non négligeable

- ◆ contraintes

- ◆ contraintes

- critère de Von Mises (à localiser) :

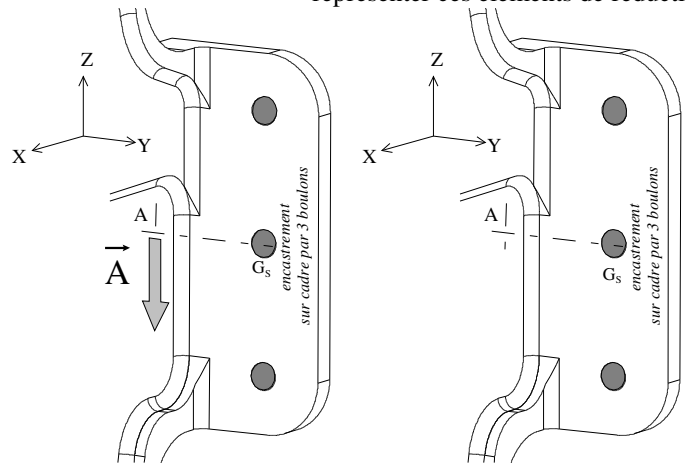
4.2.3 Section du patin du stabilisateur

Ne nécessite pas de justification particulière

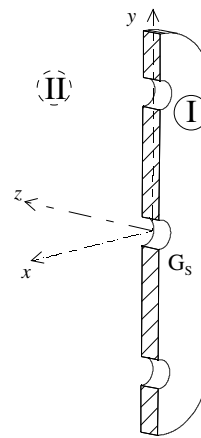
4.2.4 Non matage dans l'alésage de la chape du stabilisateur

Il s'agit de vérifier le non matage dans l'alésage sous l'action \vec{F} de la chape femelle rotulée de la bielle sur la chape mâle du stabilisateur :

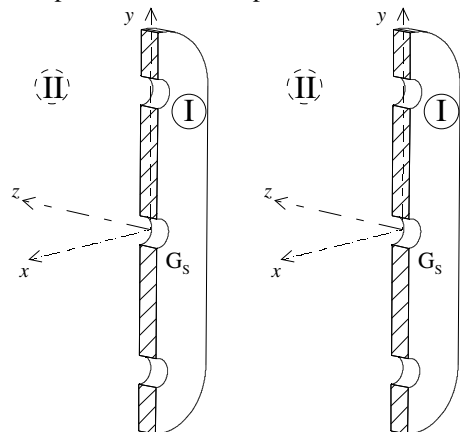
- ◆ représenter ces éléments de réduction



- ◆ représenter ces éléments de réduction



- ◆ représenter les champs des contraintes



4.3 Dimensionnement des assemblages boulonnés

4.3.1 Boulons de la semelle du stabilisateur

○ détermination des éléments de réduction du torseur des actions mécaniques transmissibles du cadre sur la semelle du stabilisateur au point S (origine locale du repère global) centre géométrique de l'interface de jonction boulonnée :

$$\{F_{\text{cadre/stabilo}}\}_S = \left\{ \begin{array}{l} \vec{S} = X_S \vec{X} + Y_S \vec{Y} + Z_S \vec{Z} \\ \vec{M}_S = L_S \vec{X} + M_S \vec{Y} + N_S \vec{Z} \end{array} \right\}_{S,R}$$

◆ faire l'application numérique (unités)

X_S		L_S	
Y_S		M_S	
Z_S		N_S	

◆ écrire la matrice de passage du repère global R au repère local r_S :

$$[P_{R \rightarrow r_S}] = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix}$$

□ détermination des éléments de réduction du torseur de cohésion de II/I (attention) au centre géométrique S et origine locale du repère local de cette section

$$\{Coh_{II/I}\}_S = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{II/I} = N \vec{x} + T_y \vec{y} + T_z \vec{z} \\ \vec{M}_{S(II/I)} = M_x \vec{x} + M_f y \vec{y} + M_f z \vec{z} \end{array} \right\}_{S,r}$$

- faire l'application numérique (unités)

N		M_x	
T_y		$M_f y$	
T_z		$M_f z$	

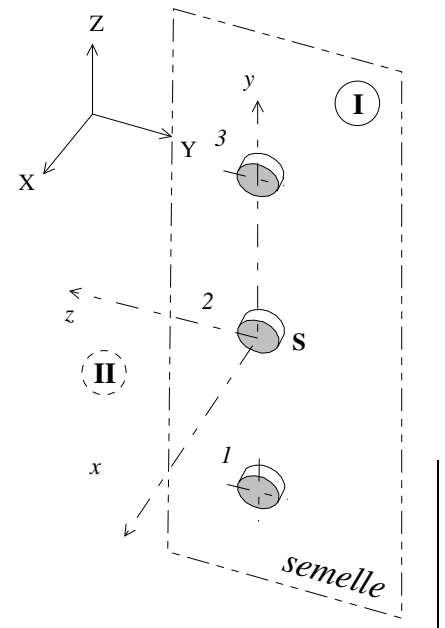
◆ représenter ces éléments de réduction au centre géométrique de l'interface boulonnée S ainsi que les efforts induits dans chaque section après les avoir calculés et recensés dans le tableau ci-dessous

	1	2	3

◆ effort tranchant résultant maxi F_{Ti} dans la section n° :

■ calculs des contraintes engendrées dans la section du boulon la plus sollicitée :

◆ représenter les éléments de réduction du torseur de cohésion



4.3.2 Non matage dans l'alésage de la chape du stabilisateur

4.3.3 Boulons du patin du stabilisateur

○ détermination des éléments de réduction du torseur des actions mécaniques transmissibles du cadre sur la semelle du stabilisateur au point P (\equiv B) centre géométrique (origine local du repère global) de l'interface de jonction boulonnée :

$$\{F_{\text{panneau/stabilo}}\}_P = \left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = X_P \vec{X} + Y_P \vec{Y} + Z_P \vec{Z} \\ \vec{M}_P = L_P \vec{X} + M_P \vec{Y} + N_P \vec{Z} \end{array} \right\}_{P,R}$$

- faire l'application numérique (unités)

X_P		L_P	
Y_P		M_P	
Z_P		N_P	

◆ écrire la matrice de passage du repère global R au repère local r_P :

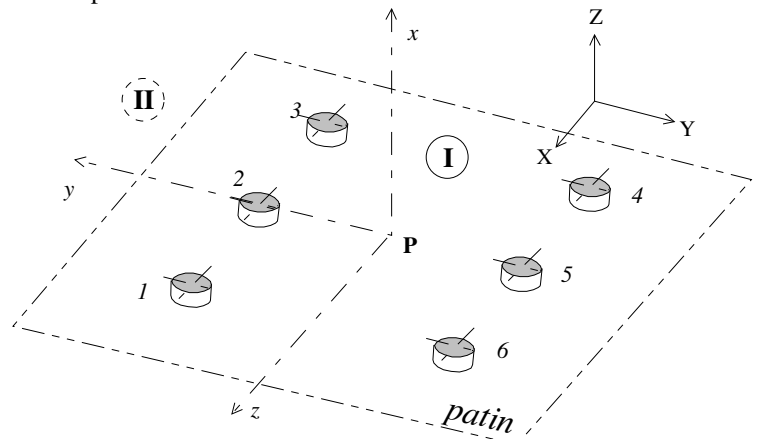
$$[P_{R \rightarrow r_P}] = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix}$$

□ détermination des éléments de réduction du torseur de cohésion de II/I (attention) au centre géométrique P et origine locale du repère local de cette section :

$$\{Coh_{II/I}\}_P = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{II/I} = N \vec{x} + T_y \vec{y} + T_z \vec{z} \\ \vec{M}_{P(II/I)} = M_x \vec{x} + M_f y \vec{y} + M_f z \vec{z} \end{array} \right\}_{P,r}$$

- faire l'application numérique (unités)

◆ représenter les éléments de réduction du torseur de cohésion



N		M_x	
T_y		$M_f y$	
T_z		$M_f z$	

- ♦ représenter ces éléments de réduction au centre géométrique de l'interface boulonnée P ainsi que les efforts induits dans chaque section après les avoir calculé et recensé dans le tableau ci-dessous

1		2		3		4		5		6	

- calcul des contraintes engendrées dans la section du boulon la plus sollicitée :

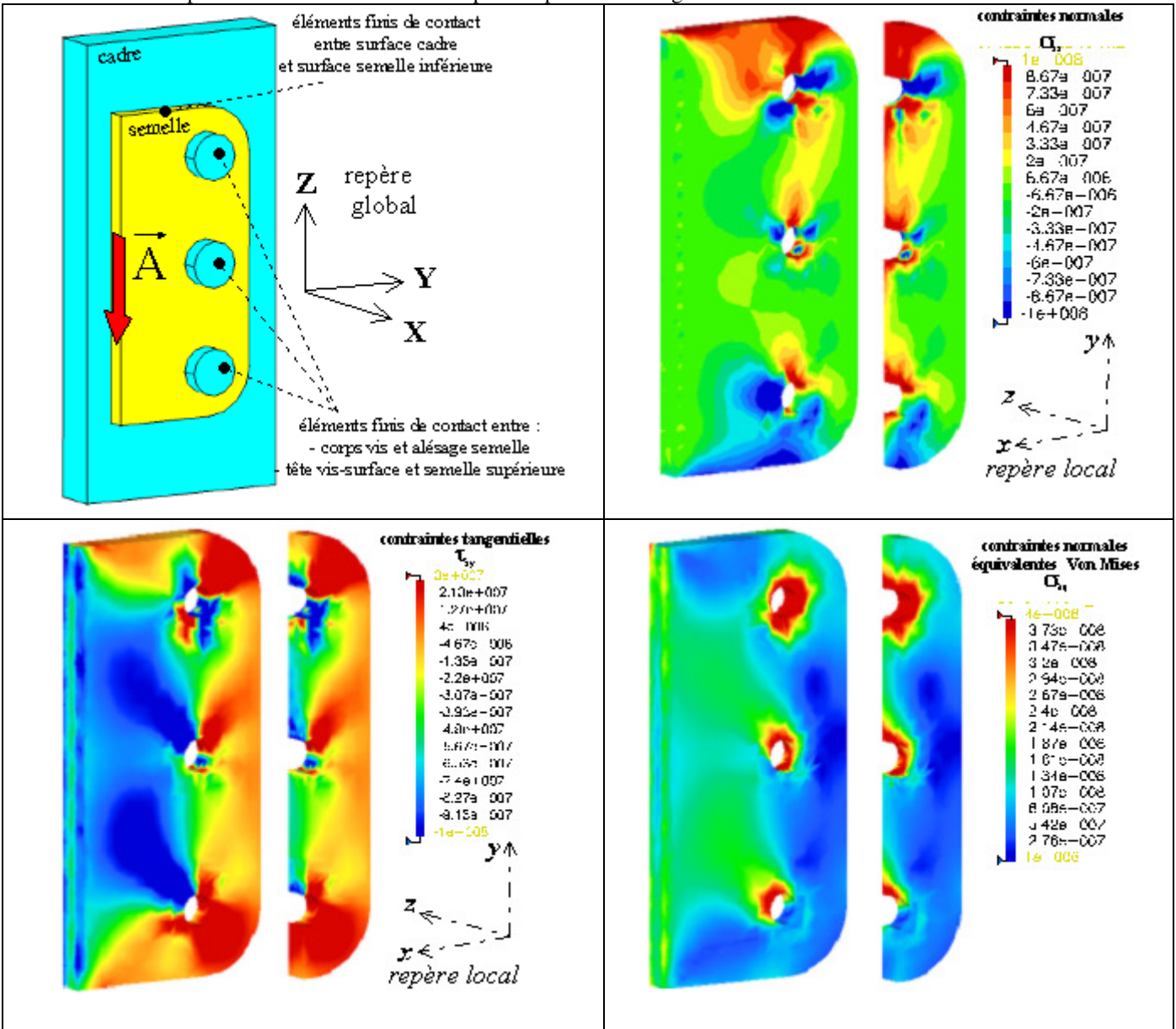
5 MODELISATIONS DU STABILISATEUR EN ELEMENTS FINIS SOLIDES

Unités : forces en N et moments en Nm

Le chargement de type palier ou du type pression uniforme peuvent admettre une résultante X_F non négligeable qui s'affaiblit en affinant et en régularisant le maillage (le maillage en éléments tétraédriques dans les formes complexes est difficile à régulariser)

5.1 Comportement local de la semelle

Décoder et commenter les résultats des divers champs de contraintes en donnant votre avis sur le comportement général et ensuite sur le champ de contraintes dans la section passant par les 3 alésages



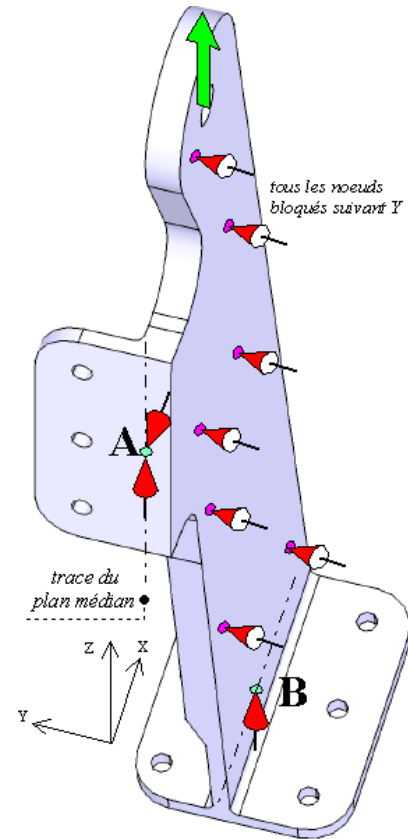
5.2 Comportement global du stabilisateur

5.2.1 Modélisations des conditions aux limites

5.2.1.1 Modèle I

Mise en position « isostatique » du stabilisateur complétés par deux appuis ponctuels en A et B de normales de direction d'axe Z

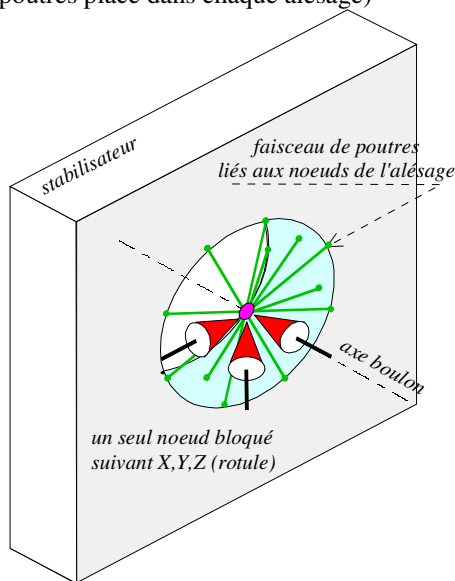
L'appui plan maintenu (tous les nœuds bloqués suivant Y) garantit la résolution d'un problème statique plan (cf. calculs manuels). Les autres liaisons en A (nœud bloqué suivant X et Y) et B (nœud bloqué suivant Z) contribuent à la reprise des efforts respectivement du cadre et du panneau et à assurer une mise en position isostatique de la structure dans ce plan.



5.2.1.2 Modèle II

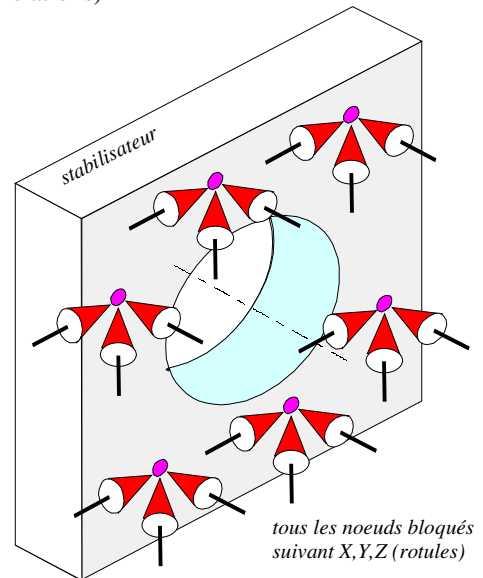
Mise en position du stabilisateur assurée par 9 rotules (rotule implantée dans l'alésage pour boulon ajusté).

Au centre de chaque alésage, dans les zones de contact semelle-cadre et semelle-panneau, on a mis une rotule (3 ddl bloqués) permettant de simuler l'ancrage de la semelle sur l'environnement par un boulon. Ceci est possible grâce à l'utilisation d'un artifice de modélisation (faisceau de d'éléments poutres placé dans chaque alésage)



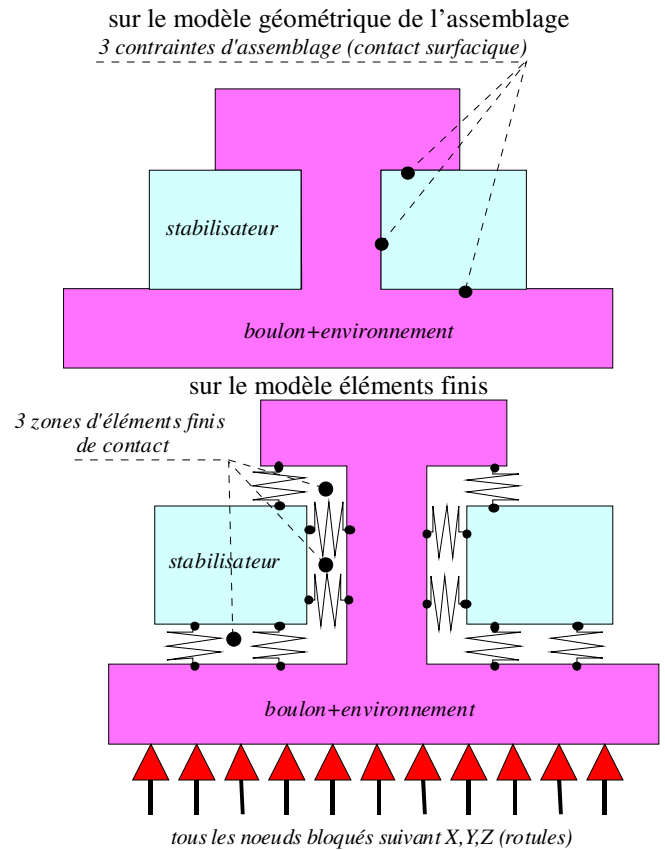
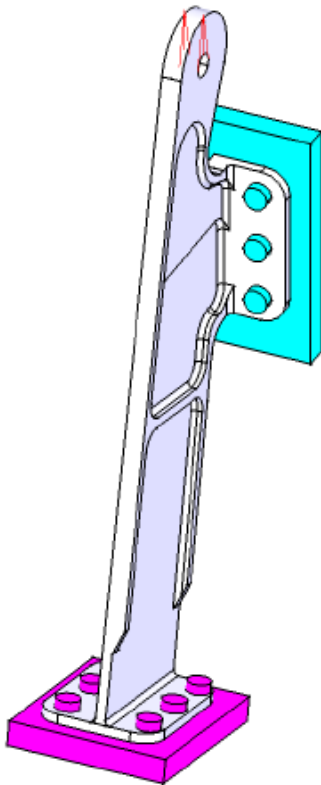
5.2.1.3 Modèle III

Mise en position du stabilisateur assurée par tous les nœuds des faces d'appuis patin-panneau et semelle-cadre ayant tous leurs ddl bloqués (3 translations)



5.2.1.4 *Modèle IV*

Prise en compte des effets du contact entre les surfaces planes environnement-stabilisateur et entre des 9 boulons ajustés-stabilisateur



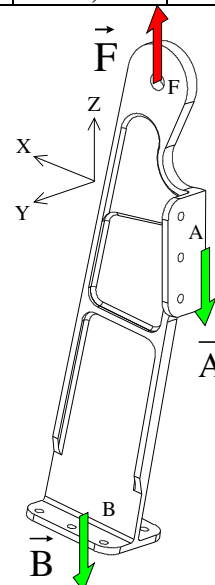
5.2.2 *Analyse des résultats*

5.2.2.1 *En actions mécaniques de l'environnement sur le stabilisateur*

○ *Modèle I*

Eléments de réduction en A (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur la semelle	X	Y	Z	L	M	N
Appui ponctuel.1	0	0	-17031,849	68,12	2,303-004	0
Eléments de réduction en B (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur le patin	X	Y	Z	L	M	N
Appui ponctuel.2	0	0	-9268,151	-18,53	-7,45	0

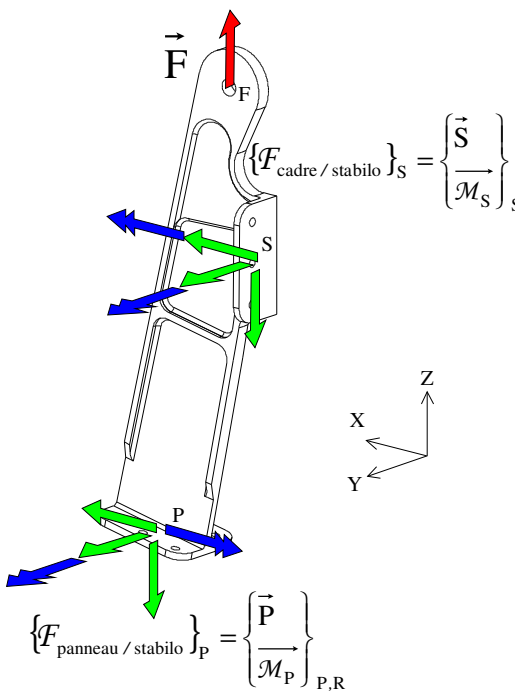
On peut vérifier l'état d'équilibre en effet la somme des projections sur l'axe Z des forces est égale à -26300. Bien que l'équilibre général du stabilisateur soit vérifié ($\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ $\sum \vec{M}_{(F_{ext})/A} = \vec{0}$), on remarque que moments les forces \vec{A} et \vec{B} respectivement au point A et au point B ne sont pas nulles (valeurs résiduelles faibles), d'où la nécessité d'affiner et de régulariser le maillage dans les zones autour des points A et B. Pour la cohérence du comportement statique on n'a pas représenté ces vecteurs moments résiduels.



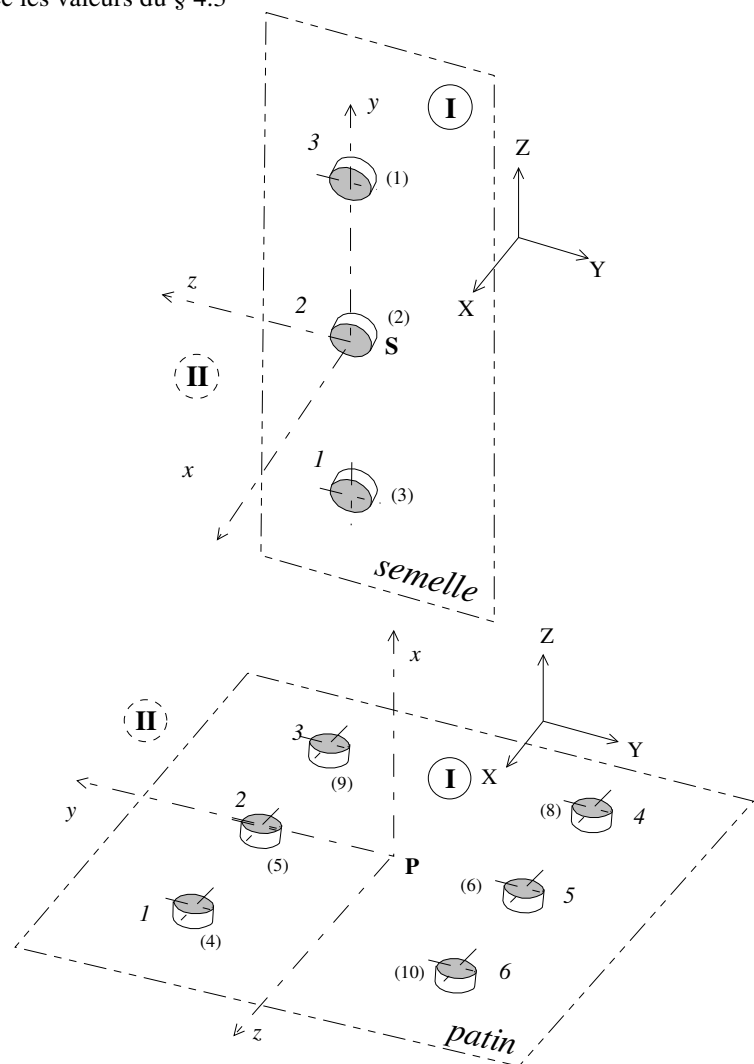
○ Modèle II

Eléments de réduction en P (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur le patin	X	Y	Z	L	M	N
		701.89	0.8	-10984.096	-8.505	-2.32
Action de la rotule.4	577,212	-4049,444	-1585,778	45,686	38,398	-81,423
Action de la rotule.5	43,037	-4266,034	-1839,738	31,276	1,739e-004	0,731
Action de la rotule.6	52,911	4319,665	-2046,459	-34,79	-1,739e-004	-0,9
Action de la rotule.8	-317,61	4043,784	-1972,934	-14,838	-42,982	-85,708
Action de la rotule.9	-277,865	-4054,085	-1811,983	12,055	-39,539	86,615
Action de la rotule.10	624,154	4006,914	-1727,204	-47,894	41,801	79,666
Eléments de réduction en S (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur la semelle	X	Y	Z	L	M	N
	127.48	-0.794	-15315.904	241.078	58.05	-1.07E-050
Action de la rotule.1	1364,105	-5261,472	-4906,625	121,014	31,374	-1,849e-004
Action de la rotule.2	-76,772	40,439	-6009,532	-5,015e-004	8,005e-005	6,946e-006
Action de la rotule.3	-1159,853	5220,249	-4399,747	120,065	26,677	1,673e-004

On peut vérifier l'état d'équilibre en effet la somme des projections sur l'axe Z des forces est égale à -26300



♦ sur chaque rotule représenter efforts induits (X,Y,Z) dans chaque section de boulon du torseur des actions aux liaisons ext. sur le stabilisateur et comparer avec les valeurs du § 4.3



○ Modèle III

Eléments de réduction en P (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur le patin	X	Y	Z	L	M	N
	Action de l'encastrement.2	340,591	-42,517	-7046,309	-2,29	-50,371
Eléments de réduction en S (<i>origine locale du repère global</i>) du torseur des actions aux liaisons ext. sur la semelle	X	Y	Z	L	M	N
	Action de l'encastrement.1	488,727	42,537	-19253,691	317,816	351,993

On peut vérifier l'état d'équilibre en effet la somme des projections sur l'axe Z des forces est égale à -26300

Comparer dans le repère global les moments du modèle III avec ceux des moments résultants du modèle II

Résultats dans des repères locaux identiques à ceux des calculs des boulons (cf calculs manuels)

Eléments de réduction en P (origine du repère local r_p) du torseur des actions aux liaisons ext. sur le patin	X	Y	Z	L	M	N
Action de l'encastrement.2	-6970,875	42,517	-1083,222	-1,111	50,371	-2,566
Eléments de réduction en S (origine du repère local r_s) du torseur des actions aux liaisons ext. sur la semelle	X	Y	Z	L	M	N
Action de l'encastrement.1	488,727	-19253,691	42,517	317,816	10,9	351,993

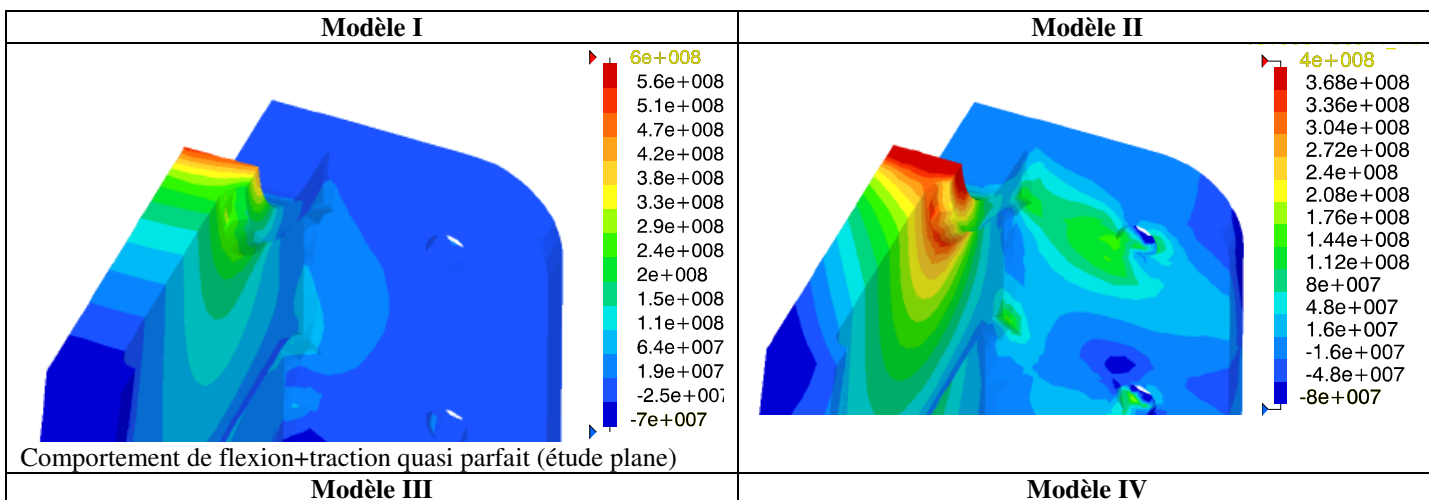
Les vecteurs moments dont les normes sont inférieures à 10 Nxm ne sont pas représentés

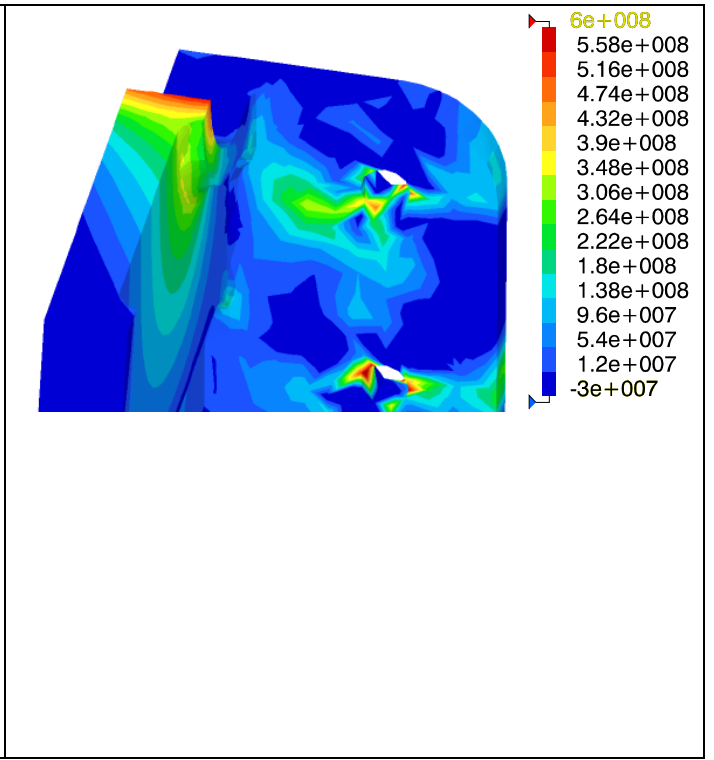
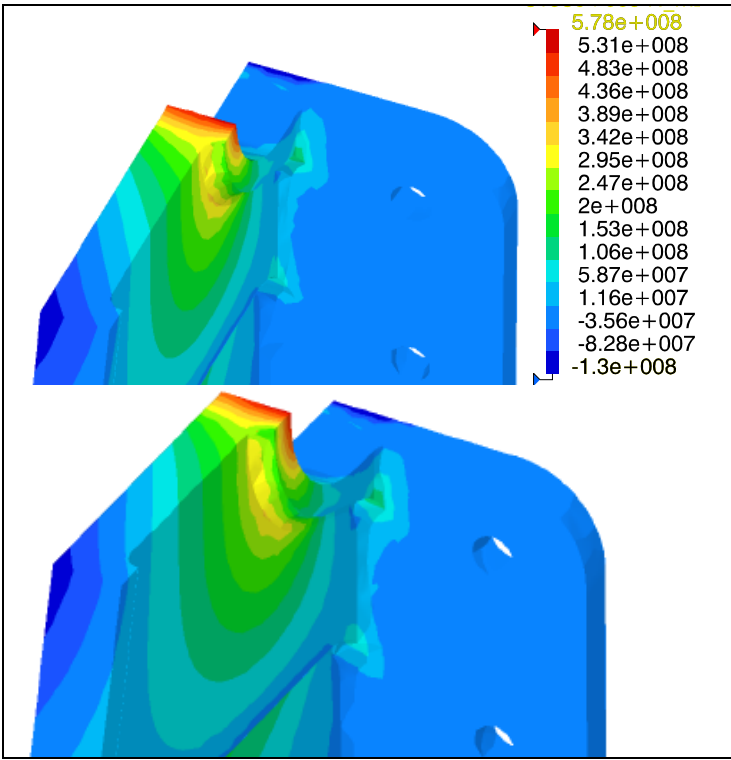
Dans le repère global	Dans les repères locaux identiques à ceux des calculs manuels pour les boulons
<p> $\{F_{cadre / stabilo}\}_S = \begin{Bmatrix} \vec{S} \\ \vec{M}_S \end{Bmatrix}_{S,R}$ $\{F_{panneau / stabilo}\}_P = \begin{Bmatrix} \vec{P} \\ \vec{M}_P \end{Bmatrix}_{P,R}$ </p>	<p> $\{F_{cadre / stabilo}\}_S = \begin{Bmatrix} \vec{S} \\ \vec{M}_S \end{Bmatrix}_{S,r}$ $\{F_{panneau / stabilo}\}_P = \begin{Bmatrix} \vec{P} \\ \vec{M}_P \end{Bmatrix}_{P,r}$ </p> <p>Pour cette configuration, on rappelle que dans les repères locaux r_p et r_s les résultats des calculs éléments finis donnent ici les actions de l'environnement sur le stabilisateur</p>

○ Modèle IV

Pas de résultat en actions mécaniques de l'environnement sur le stabilisateur sur ce modèle. La modélisation en éléments contact ne permet pas d'obtenir ce type de résultat.

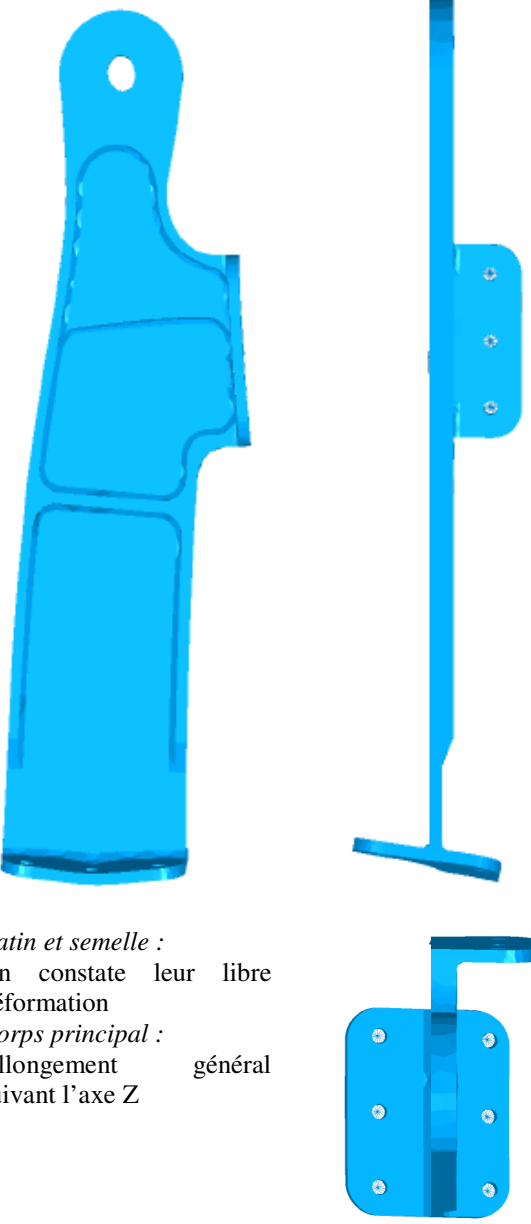
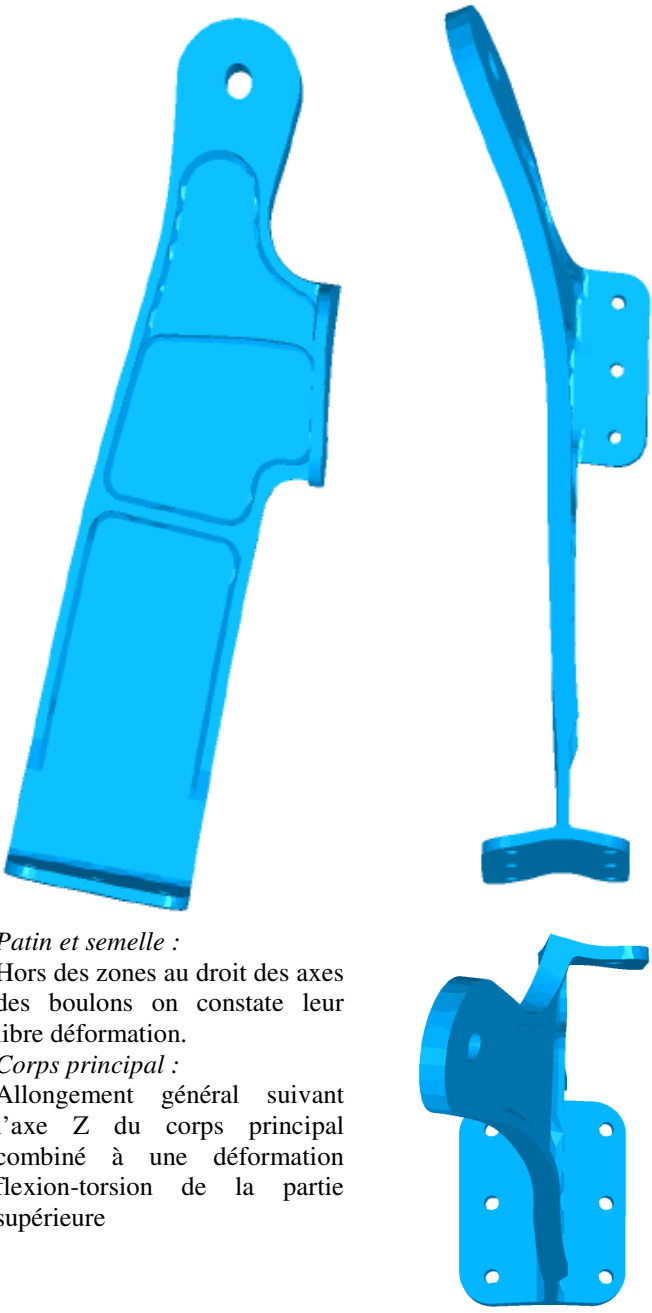
5.2.2.2 En contraintes normales (repère local cf. §4.2.1)

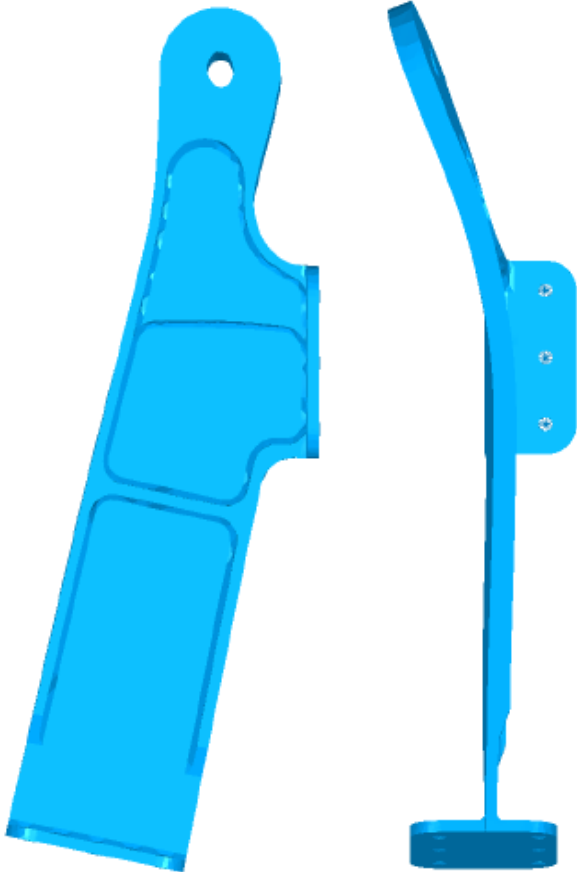




5.2.2.3 En déformation

Il s'agit de sensibiliser le calculateur à l'incidence du choix des conditions aux limites aux liaisons sur l'allure de la déformée du stabilisateur et d'en identifier des modes de travail très différents de la structures. Pour cela on a amplifié les déformations des 4 modèles de stabilisateur

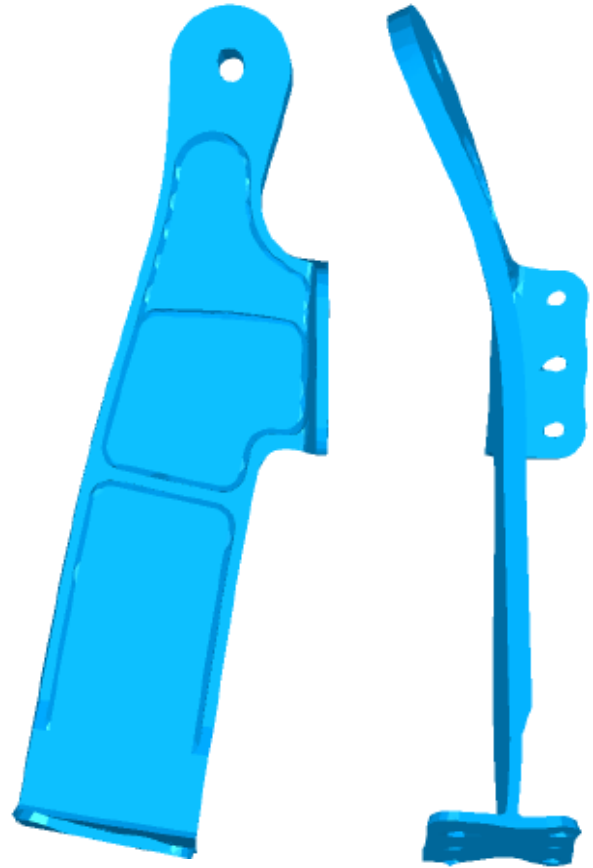
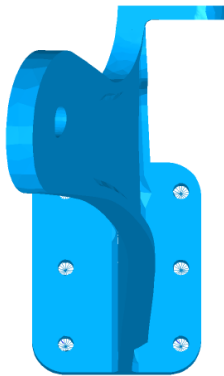
Modèle I	Modèle II
 <p data-bbox="124 1205 424 1384"> <i>Patin et semelle :</i> On constate leur libre déformation <i>Corps principal :</i> Allongement général suivant l'axe Z </p>	 <p data-bbox="751 1205 1109 1507"> <i>Patin et semelle :</i> Hors des zones au droit des axes des boulons on constate leur libre déformation. <i>Corps principal :</i> Allongement général suivant l'axe Z du corps principal combiné à une déformation flexion-torsion de la partie supérieure </p>

Modèle III**Modèle IV***Patin et semelle :*

Les contacts surfaciques plans au niveau du patin et de la semelle sont maintenus respectivement sur panneau et le cadre. Ils garantissent une raideur dans ces zones de fixations

Corps principal :

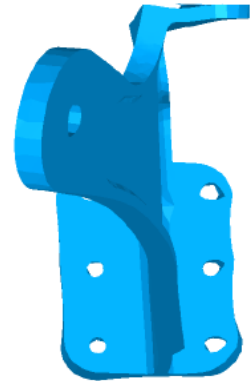
Allongement général suivant l'axe Z du corps principal combiné à une déformation flexion-torsion de la partie supérieure

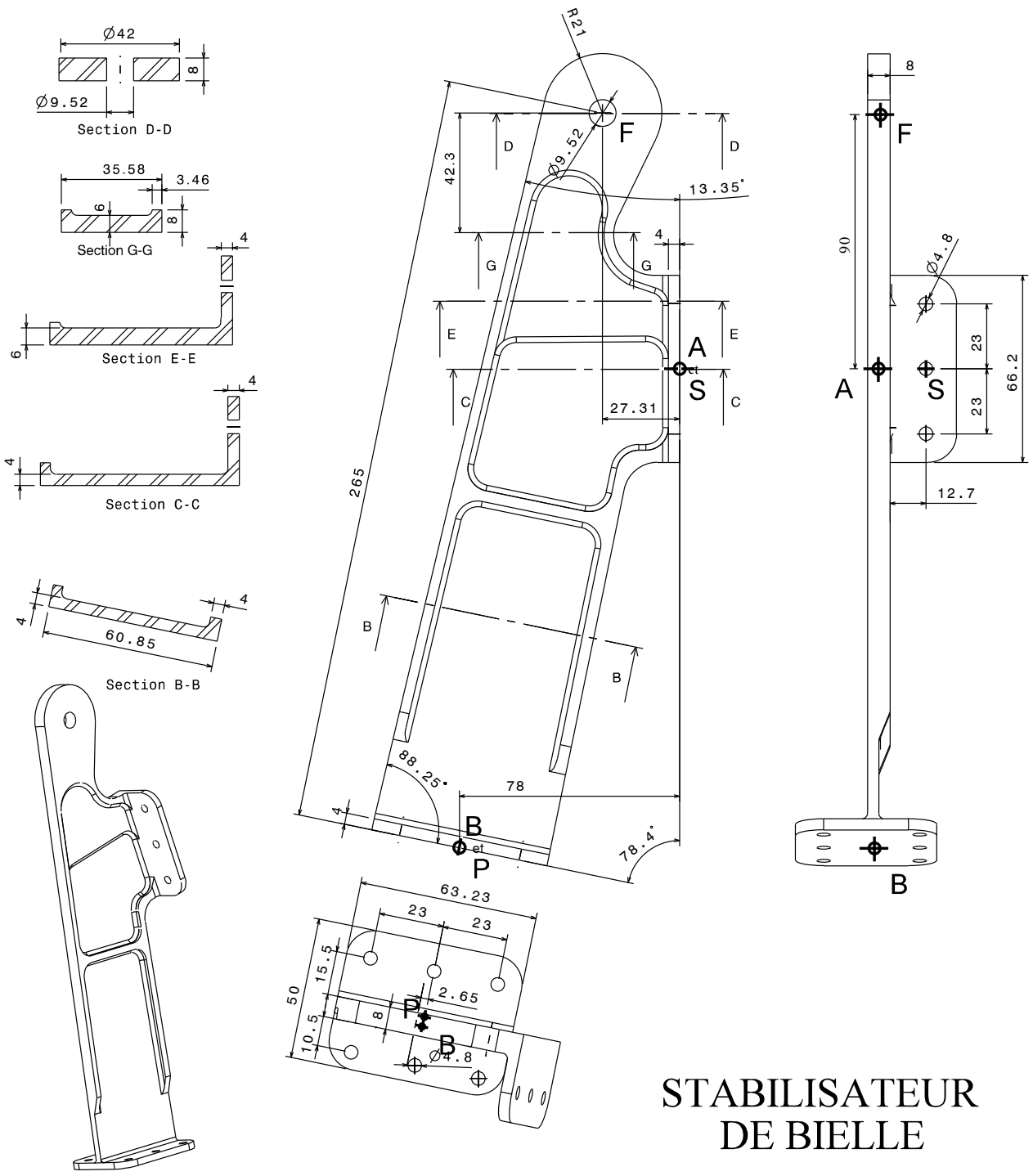
*Patin et semelle :*

Leur déformée montre les décollement ou le cloquage lorsque les corps des boulons sont tendus. Les autres zones de contact de ces composants sont en appui respectivement sur panneau et le cadre.

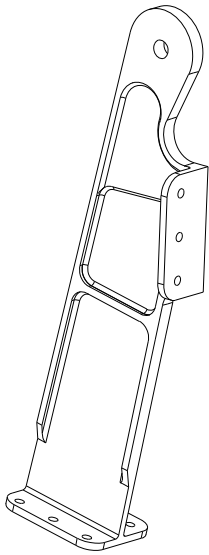
Corps principal :

Allongement général suivant l'axe Z du corps principal combiné à une déformation flexion-torsion de la partie supérieure et un prolongement de cette déformation dans la partie inférieure compte tenue que le patin est moins contraint que le cas précédent.





STABILISATEUR
DE BIELLE



Modèle avec une mise en position par des encastremets implantés dans chaque alésage pour boulon ajusté

Au centre de chaque alésage on a mis en place un artifice de modélisation permettant de simuler un encastrement (3 ddl bloqués) pour modéliser les 9 boulons ajustés

Eléments de réduction en P (origine locale du repère global) du torseur des actions aux liaisons ext. sur le patin	X	Y	Z	L	M	N
	762.59	-17.046	-11673.64	-8.02	-13.919	-1.019
Action de l'encastrement.3	7,673	2734,036	-1872,66	-26,233	-0,119	0,952
Action de l'encastrement.4	387,237	-2232,616	-1275,889	27,538	30,263	-44,781
Action de l'encastrement.5	-5,568	-2716,255	-1719,629	23,88	0,023	-1,148
Action de l'encastrement.6	-209,618	-2964,518	-1925,635	13,185	-42,282	62,199
Action de l'encastrement.7	-183,336	2958,155	-2065,881	-15,496	-45,722	-62,419
Action de l'encastrement.8	414,971	2194,329	-1350,484	-28,548	31,968	43,348
Eléments de réduction en S (origine locale du repère global) du torseur des actions aux liaisons ext. sur la semelle	X	Y	Z	L	M	N
	362.637	17.06	-14626.361	229.396	52.961	10.2
Action de l'encastrement.9	-1210,683	5319,847	-4611,178	126,659	28,258	0,868
Action de l'encastrement.10	1306,308	-5403,454	-5264,523	129,679	30,312	1,516
Action de l'encastrement.11	-72,24	110,492	-6214,121	2,499	-1,592	1,068

Repères utilisateurs définis dans Part Design (jaune =global et vert=local))

Au point B : (origine locale du repère global)

repère 2 : couleur jaune homothétique au global (exploitation directe pour exploitation des torseurs des a.m. ext sur stabilisateur)

Au point A : (origine locale du repère global)

repère 5 : couleur jaune homothétique au global (exploitation directe pour exploitation des torseurs des a.m. ext sur stabilisateur)

Au point P :

(origine locale du repère global)

repère 3 : couleur jaune homothétique au global (exploitation directe pour exploitation des torseurs des a.m. ext sur stabilisateur)

(origine locale du repère local)

repère 4 : couleur verte repère local à normale x sortante (exploitation pour les boulons : attention c'est l'action du cadre sur la semelle qui est exprimée ici)

Au point S :

repère 1 : couleur jaune homothétique au global (exploitation directe pour exploitation des torseurs des a.m. ext sur stabilisateur)

(origine locale du repère local)

repère 6 : couleur verte repère local à normale x sortante (exploitation pour les boulons : attention c'est l'action du cadre sur la semelle qui est exprimée ici)

