

SOMMAIRE

1. OBJET	2	5.2. Résultats en ELU	11
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	2	5.2.1 Actions exterieures	11
3. DONNEES DE BASE	2	5.2.2 Forces de réactions	13
3.1. Géométrie	2	5.2.3. Contraintes (ELU).....	14
3.2. Matériaux.....	2	5.2.4. Déplacement (ELU)	14
3.3. Chargements	2	5.2.5. Conclusion (ELU)	15
3.4. Critères	2	5.3. Résultats en ELU ACCIDENTEL (séisme)	16
4. CALCULS	3	5.3.1 Actions extérieures (ELU accidentel).....	16
4.1. Méthode.....	3	5.3.2 Résultats de l'étude (ELU accidentel).....	18
4.2. Modélisation de la géométrie	3	5.3.3 Forces résultantes (ELU accidentel).....	20
4.3. Modélisation des liaisons	3	5.3.4. Contraintes (ELU accidentel).....	20
4.4. Modélisation des chargements	3	5.3.5. Déplacement (ELU accidentel).....	20
5. RESULTATS	4	6. VERIFICATION DES ANCRAGES	21
5.1. Analyse modale	4	Annexe A « ANCRAGE CHASSIS TEL35.pdf »	
5.1.2 Informations sur le modèle	4	7 CONCLUSION	21
5.1.3 Propriétés de l'étude	5	8. Annexe B : Doc Machine	22
5.1.4 Unités	5		
5.1.5 Propriétés du matériau	5		
5.1.6 Actions extérieures	6		
5.1.7 Informations sur le maillage	7		
5.1.8 Résultats de l'étude	8		
5.1.9 Conclusion analyse modale.....	10		

1. OBJET

Vérification la tenue du châssis des machine TEL35 au poids propre et au séisme. Une Analyse modale est réalisée pour identifier les premiers modes propres.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE:

- [1] Logiciel de calcul SolidWorks Simulation 2018.
- [2] Châssis TEL 35: Dossier de plans page 30 à 36.
- [3] Règles EUROCODE 8 pour définition du séisme.
- [4] Equipement TEL 35: Doc. Page 28 à 29.

3. DONNEES DE BASE

3.1. Géométrie

Les châssis sont conformes au plan d'exécution cité en référence 2.

3.2. Matériaux

L'ensemble de la structure du châssis est réalisé en acier S235 dont les caractéristiques sont les Suivantes :

$E = 200000 \text{ MPa}$

$\nu = 0.3$

$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

$R_e = 235 \text{ MPa}$

La boulonnerie est de classe 8.8 avec une limite élastique à 640MPa.

La boulonnerie M30 est de classe 6.8 avec une limite élastique à 235 MPa et une limite à la rupture de 400MPa.

3.3. Chargements

Nous avons étudié les combinaisons suivantes :

- ELU : $1.35 \times \text{Poids machine} + \text{poids propre châssis}$.
- ELU Accidentel : $1.35 \times \text{Poids machine} + \text{poids propre châssis} + 1.0 \times \text{Séisme}$.

3.4. Critères

Pour les cas étudiés, les critères sont les suivants :

Cas ELU :

- Flèche du châssis $< 2 \text{ mm}$
- Contraintes admissibles dans les profilés : limite élastique = 235 MPa
- Contraintes admissibles dans la boulonnerie classe 8.8 :
Traction : limite à la rupture $\times 0.9 / 1.25 = 576 \text{ MPa}$
Cisaillement : limite à la rupture $\times 0.6 / 1.25 = 384 \text{ MPa}$
- Contraintes admissibles dans la boulonnerie M30 :
Traction : limite à la rupture $\times 0.9 / 1.25 = 288 \text{ MPa}$
Cisaillement : limite à la rupture $\times 0.6 / 1.25 = 192 \text{ MPa}$

Cas ELU Accidentel :

- Contraintes admissibles dans les profilés : limite élastique = 235 MPa
- Contraintes admissibles dans la boulonnerie classe 8.8 :
Traction : limite à la rupture $\times 0.9 / 1.25 = 576 \text{ MPa}$
Cisaillement : limite à la rupture $\times 0.6 / 1.25 = 384 \text{ MPa}$
- Contraintes admissibles dans la boulonnerie M30 :
Traction : limite à la rupture $\times 0.9 / 1.25 = 288 \text{ MPa}$
Cisaillement : limite à la rupture $\times 0.6 / 1.25 = 192 \text{ MPa}$

4. CALCULS

4.1. Méthode

Le calcul du châssis est réalisé par la méthode des éléments finis.

Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks Simulation 2018.

- **Analyse fréquentielle**

Modélisation de la masse des machines à leurs Centres de Gravité.

Analyse fréquentielle (4 premiers modes propres).

- **Cas ELU** Analyse statique

Modélisation des masses par pieds de la machine.

- **Cas ELU accidentel** Analyse dynamique linéaire – réponse spectrale.

Modélisation de la masse des machines à leurs Centres de Gravité.

Liaison au châssis par les attaches sismiques.

4.2. Modélisation de la géométrie

Nous avons modélisé l'ensemble de la structure du châssis.

Les tôles sont modélisées. Les appuis sont modélisés.

4.3. Modélisation des appuis :

Les supports du châssis sont en appui plan au niveau du sol.

Les chevilles HST3 M16 ancrées dans le béton.

4.4. Modélisation des chargements

Poids Propre

Machine : Masse unitaire $M = 3200 \times 1.35 = 4252 \text{ Kg}$

Châssis : Masse châssis $M = 530 \text{ Kg}$

Séisme :

Les accélérations sismiques sont définies par l'Eurocode 8.

Les paramètres retenus pour obtenir les accélérations sont :

○ Zone de sismicité 4 : niveau d'aléa sismique moyen $\Rightarrow a_{gr} = 1.6 \text{ m/s}^2$

○ Classe de sol C : $S = 1.5$

○ Catégorie d'importance du bâtiment III : Coefficient $\gamma_I = 1.2$

○ Hauteur retenue du bâtiment : $H = 24\text{m}$

○ Hauteur retenue d'installation de la machine : $z = 8\text{m}$

L'accélération horizontale au niveau du sol est $a_g = a_{gr} \cdot \gamma_I = 1.92 \text{ m/s}^2$

L'accélération horizontale au niveau du châssis est : $a_{gH} = a_g \cdot \gamma_a \cdot ((1+z/H) \cdot A_a - 0,5) / q_a = 5.18 \text{ m/s}^2$

Avec :

γ_a : Coefficient d'importance de l'élément 1

q_a : Coefficient de comportement 1 (forte déformabilité)

A_a : Coefficient d'amplification de réponse 2.5 (composants flexibles)

L'accélération vertical $a_{gV} = a_{gH} \cdot \alpha = 1.73 \text{ m/s}^2$

Avec :

$\alpha : 0.9$

Les accélérations retenues pour la vérification des châssis sont :

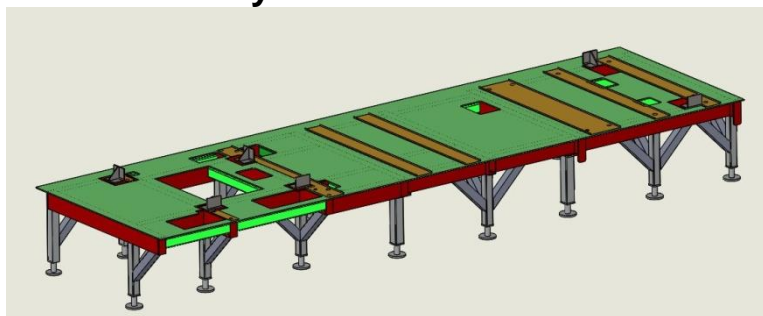
Accélération horizontale = 5.18 m/s^2 (dans les 2 directions X et Z)

Accélération verticale = 1.73 m/s^2 (dans la direction verticale Y)

Le séisme résultant est la combinaison quadratique des 3 directions (Méthode SRSS)

5. RESULTATS

5.1. Analyse modale



Date: MERCREDI 6 NOVEMBRE 2018

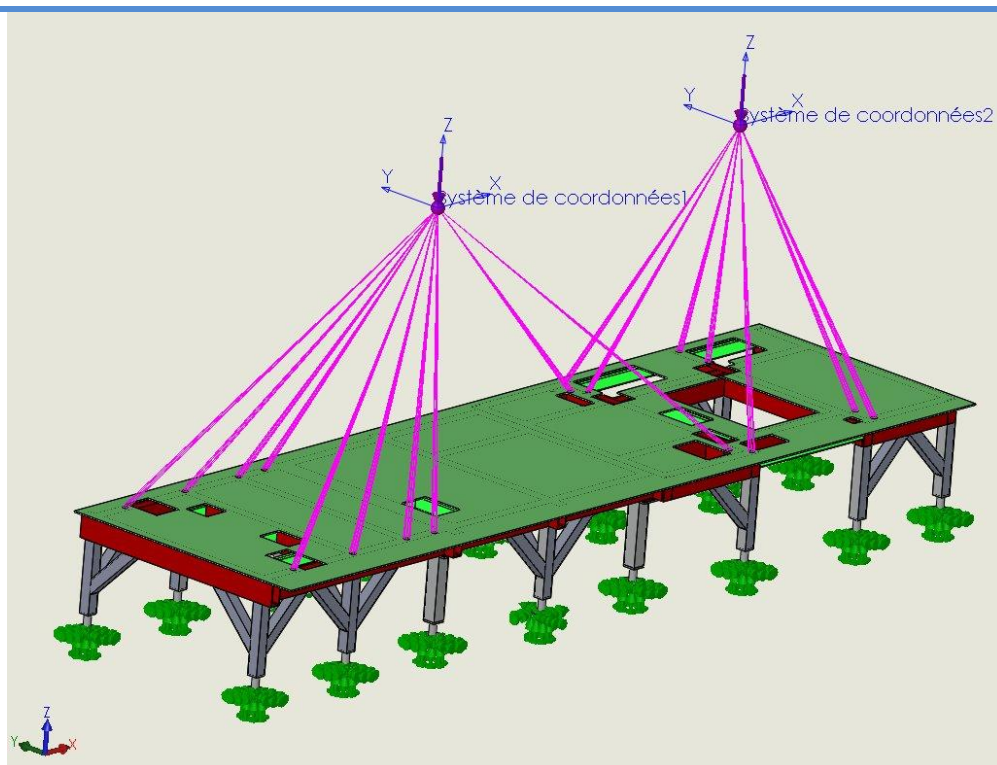
Concepteur: Heyman

5.1.1 Description

Châssis TEL 35 SOITEC / FAURE QEI

Analyse modale des 4 premiers modes

5.1.2 Informations sur le modèle



Nom du modèle: TEL35 B CHASSIS CALCUL

Configuration actuelle: Défaut

Corps volumiques

Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques	Chemin/Date de modification du document
CHASSIS TEL35	Corps volumique	Masse:530 kg Masse volumique:7800 kg/m ³	F:\svg\transfert\chassis soitec\quick 500mm\calcul tel35\TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE.SLDPR

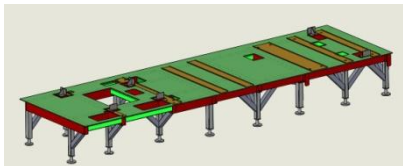
5.1.3 Propriétés de l'étude

Nom d'étude	Fréquence 1
Type d'analyse	Fréquence
Type de maillage	Maillage mixte
Nombre de fréquences	4
Type de solveur	Solveur direct
Faible raideur:	Désactivé(e)
Options de contact solidaire incompatible	Automatique
Option thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 Kelvin
Inclure la pression du fluide calculée par SOLIDWORKS Flow Simulation	Désactivé(e)
Dossier de résultats	Document SOLIDWORKS (F:\svg\transfert\chassis soitec\quick 500mm\tel35 resultat)

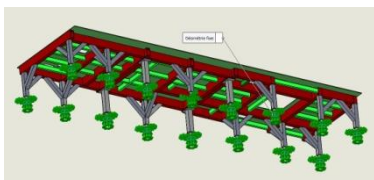
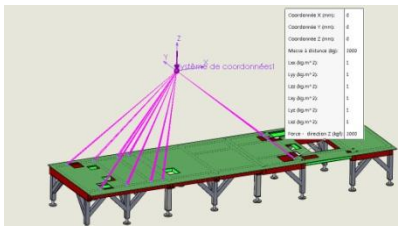
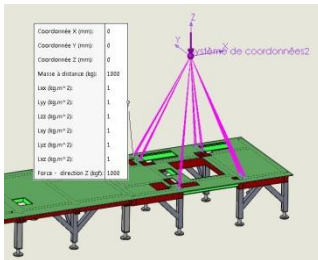
5.1.4 Unités

Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/Contrainte	N/mm ² (MPa)

5.1.5 Propriétés du matériau

Référence du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom: 1.0037 (S235JR)</p> <p>Type de modèle: Linéaire élastique isotropique</p> <p>Critère de ruine par défaut: Contrainte de von Mises max.</p> <p>Limite d'élasticité: 2.35e+008 N/m²</p> <p>Limite de traction: 3.6e+008 N/m²</p> <p>Masse volumique: 7800 kg/m³</p> <p>Module d'élasticité: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Coefficient de Poisson: 0.28</p> <p>Coefficient de dilatation thermique: 1.1e-005 /Kelvin</p>	<p>F:\svg\transfert\chassis soitec\quick 500mm\calcul tel35\TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE.SLDPRT</p>
Données de la courbe:N/A		

5.1.6 Actions extérieures

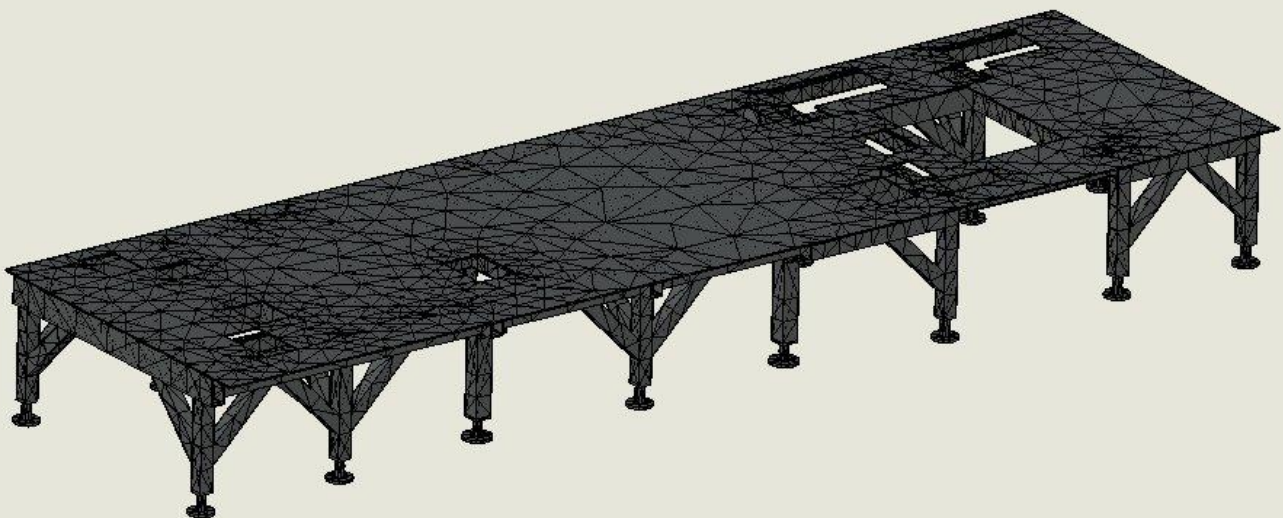
Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		Entités: 1 arête(s), 16 face(s) Type: Géométrie fixe
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-1		Entités: 10 face(s) Type: Chargement/Masse (connexion rigide) Système de coordonnées: Système de coordonnées1 Force Valeurs: ---, ---, -3000 kgf Moment Valeurs: ---, ---, --- N.m Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 3000 kg Moment d'inertie: 1,1,1,1,1,1 kg.m^2 Composants transférés: Force
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-2		Entités: 7 face(s) Type: Chargement/Masse (connexion rigide) Système de coordonnées: Système de coordonnées2 Force Valeurs: ---, ---, -1000 kgf Moment Valeurs: ---, ---, --- N.m Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 1000 kg Moment d'inertie: 1,1,1,1,1,1 kg.m^2 Composants transférés: Force

5.1.7 Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage basé sur la courbure
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément maximum	266.646 mm
Taille d'élément minimum	53.3292 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute

Informations sur le maillage - Détails

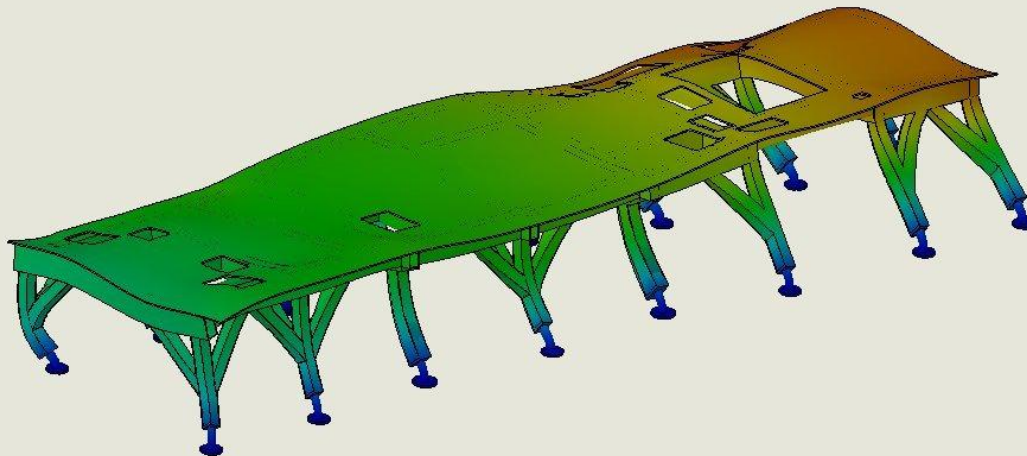
Nombre total de noeuds	105494
Nombre total d'éléments	55367
Aspect ratio maximum	1167.1
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	1.14
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	87.7
% d'éléments distordus (Jacobian)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:27
Nom de l'ordinateur:	HEYMAN-VAIO



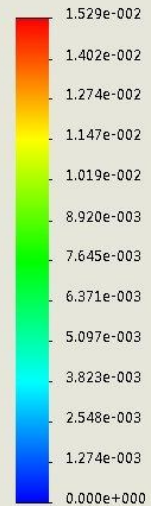
5.1.8 Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Amplitude1	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 1(Valeur = 28.0884 Hz)	0.000e+000 Noeud: 65	1.529e-002 Noeud: 73346

Nom du modèle: TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE
Nom de l'étude: Fréquence TEL35(-Défaut-)
Type de tracé: Fréquence Amplitude1
Mode : 1 Valeur = 28.088 Hz
Echelle de déformation: 30.7844



AMPRES

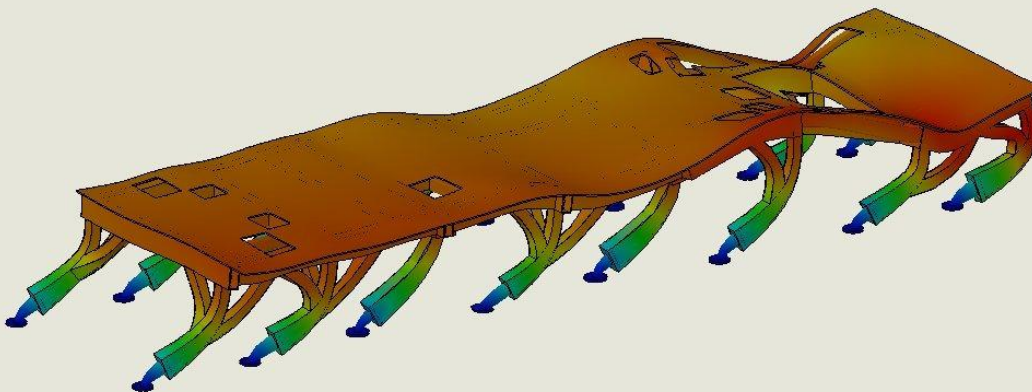


<< Déformée modale : 1 >>

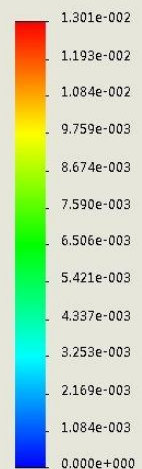
TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE-Fréquence TEL35-Amplitude-Amplitude1

Nom	Type	Min	Max
Amplitude2	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 2(Valeur = 45.1142 Hz)	0.000e+000 Noeud: 65	1.301e-002 Noeud: 9978

Nom du modèle: TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE
Nom de l'étude: Fréquence TEL35(-Défaut-)
Type de tracé: Fréquence Amplitude2
Mode : 2 Valeur = 45.114 Hz
Echelle de déformation: 32.413



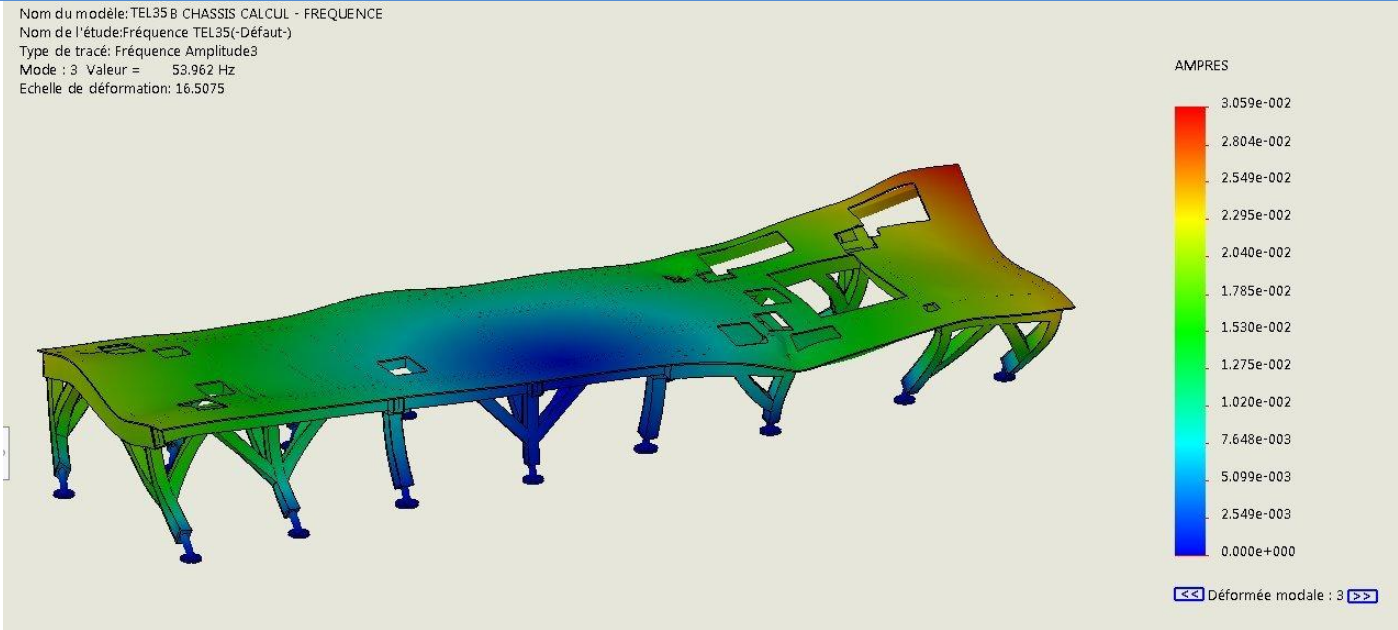
AMPRES



<< Déformée modale : 2 >>

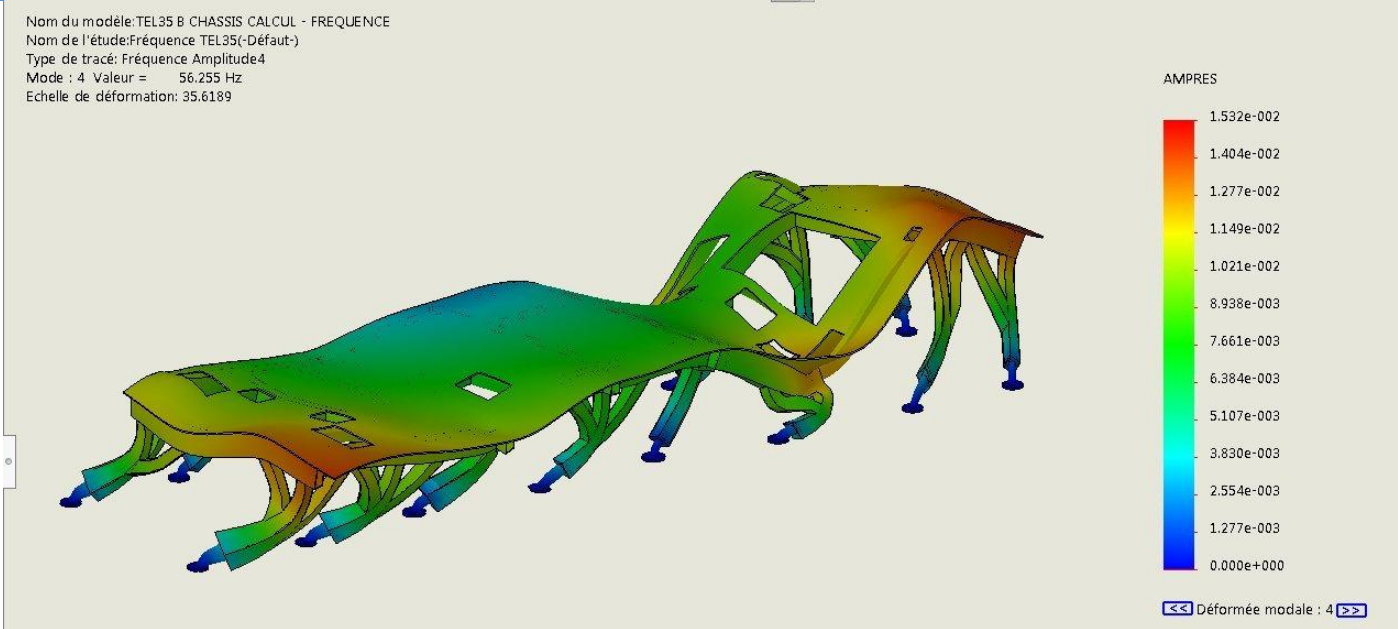
TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE-Fréquence TEL35-Amplitude-Amplitude2

C	Type	Min	Max
Amplitude3	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 3(Valeur = 53.9625 Hz)	0.000e+000 Noeud: 65	3.059e-002 Noeud: 73346

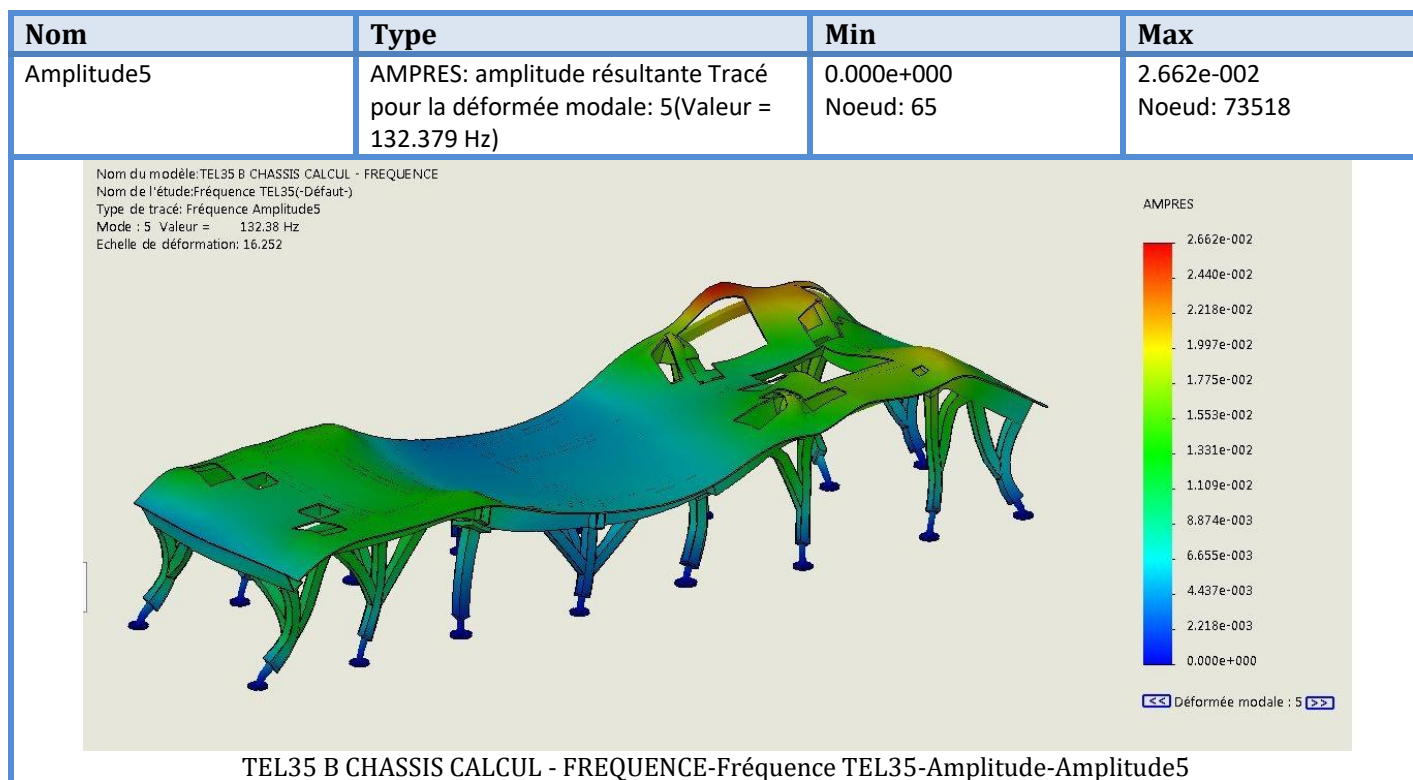


TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE-Fréquence TEL35-Amplitude-Amplitude3

Nom	Type	Min	Max
Amplitude4	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 4(Valeur = 56.2553 Hz)	0.000e+000 Noeud: 65	1.532e-002 Noeud: 74721



TEL35 B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE-Fréquence TEL35-Amplitude-Amplitude4



Liste des modes

Fréquence No	Rad/sec	Hertz	secondes
1	176.48	28.088	0.035602
2	283.46	45.114	0.022166
3	339.06	53.962	0.018531
4	353.46	56.255	0.017776
5	831.76	132.38	0.0075541

Participation massique (normalisée)

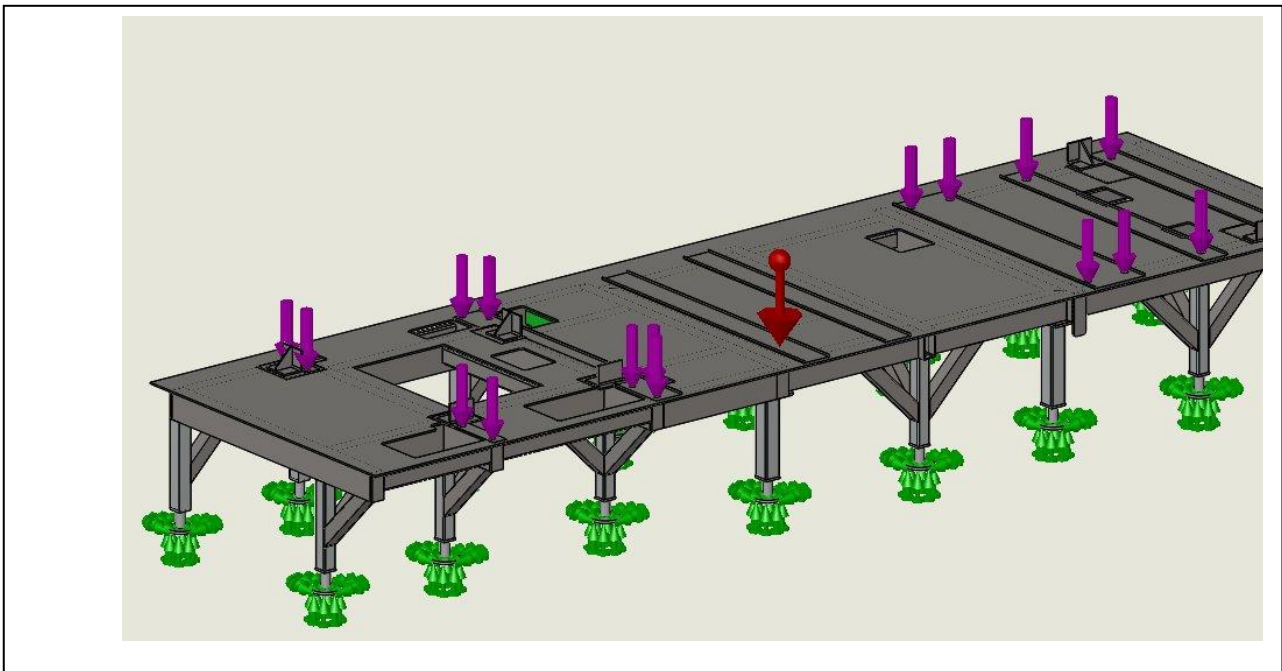
Mode No	Fréquence(Hertz)	Direction X	Direction Y	Direction Z
1	28.088	0.27818	0.060841	0.45625
2	45.114	0.31082	0.45279	0.0042729
3	53.962	0.038452	0.020594	0.0088185
4	56.255	0.00099846	0.1157	0.0071923
5	132.38	0.32186	0.11517	0.31706
		Somme X = 0.9503	Somme Y = 0.7651	Somme Z = 0.79359

5.1.9 Conclusion

Premier mode de résonance correct : 28.2 Hz > 28 Hz.

5.2. Résultats en ELU

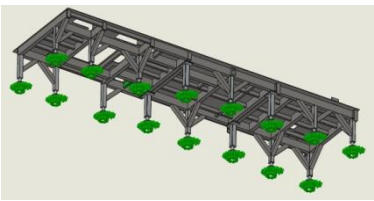
1.35 x Poids machine + poids propre châssis

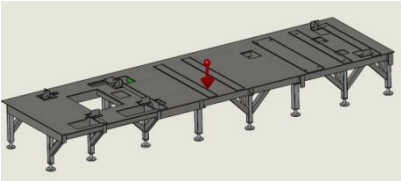
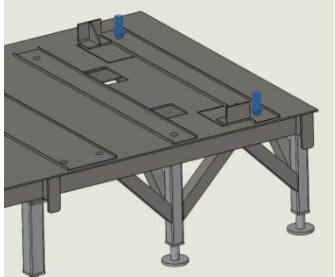
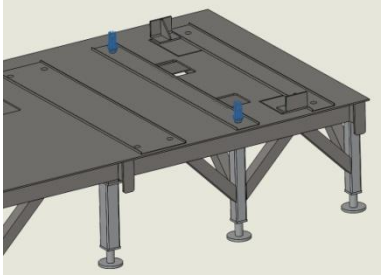
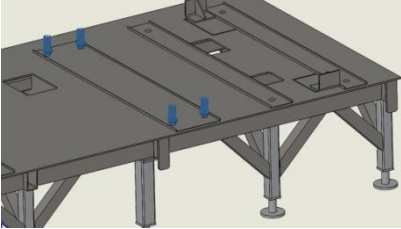
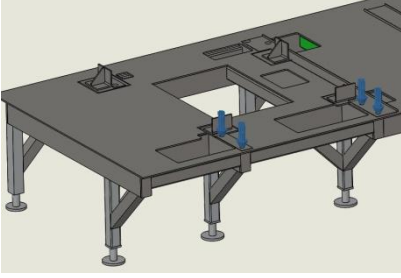
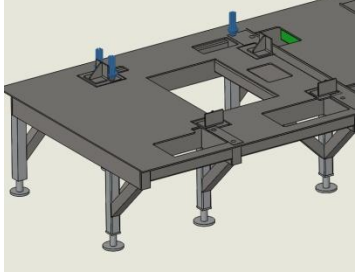


Poids Propre

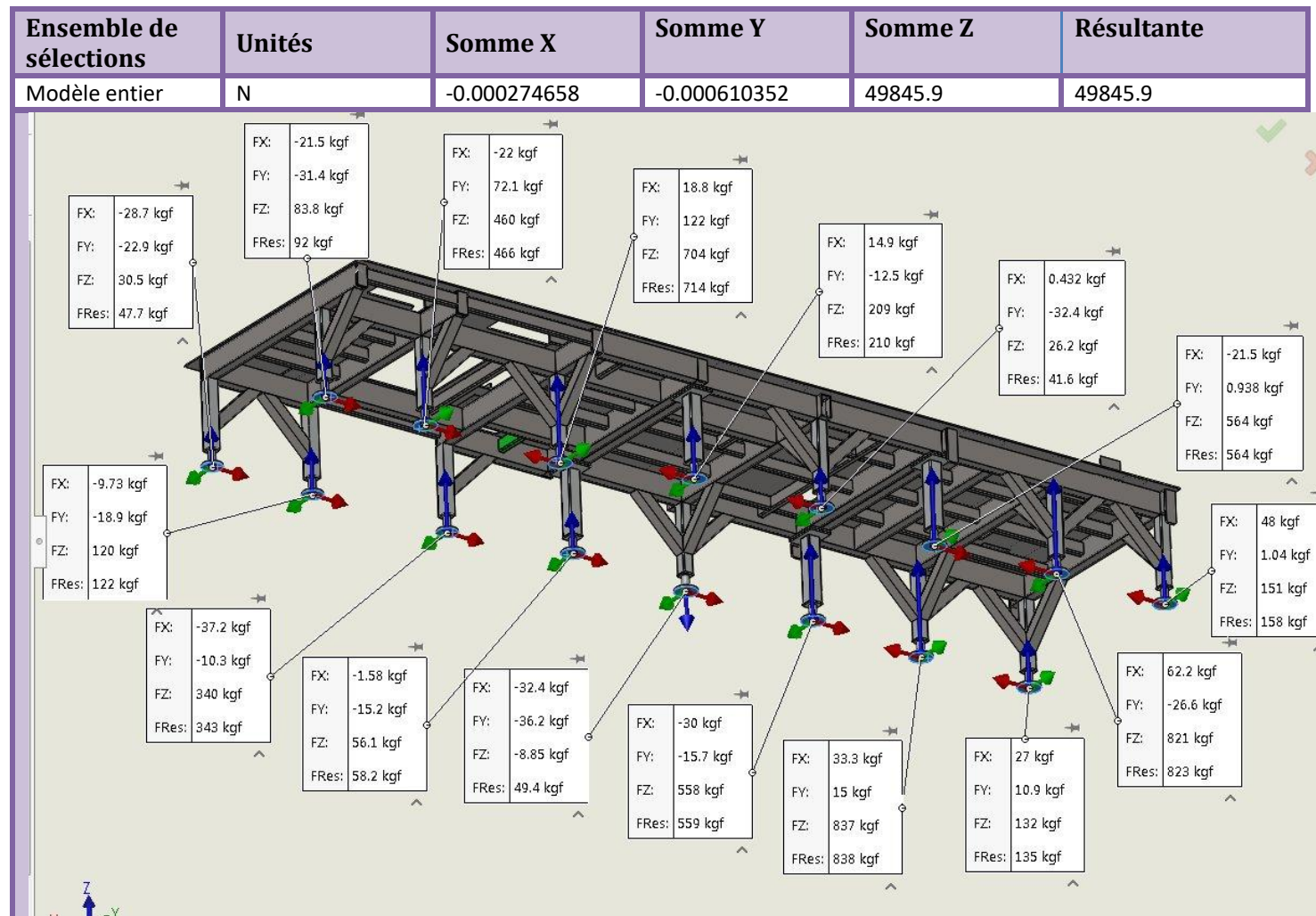
- Machine : Masse unitaire $M = 3200 \times 1.35 = 4252 \text{ kg}$
- Châssis : Masse châssis $M = 530 \text{ kg}$
- Gravité : 9.81 m/s^2
- Les supports du châssis sont en appui plan au niveau du sol.
- Les chevilles HST3 M16 ancrées dans le béton

5.2.1 Actions exterieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe-1		Entités: 16 face(s) Type: Géométrie fixe		
Forces resultants				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	-0.000274658	-0.000610352	49845.9	49845.9

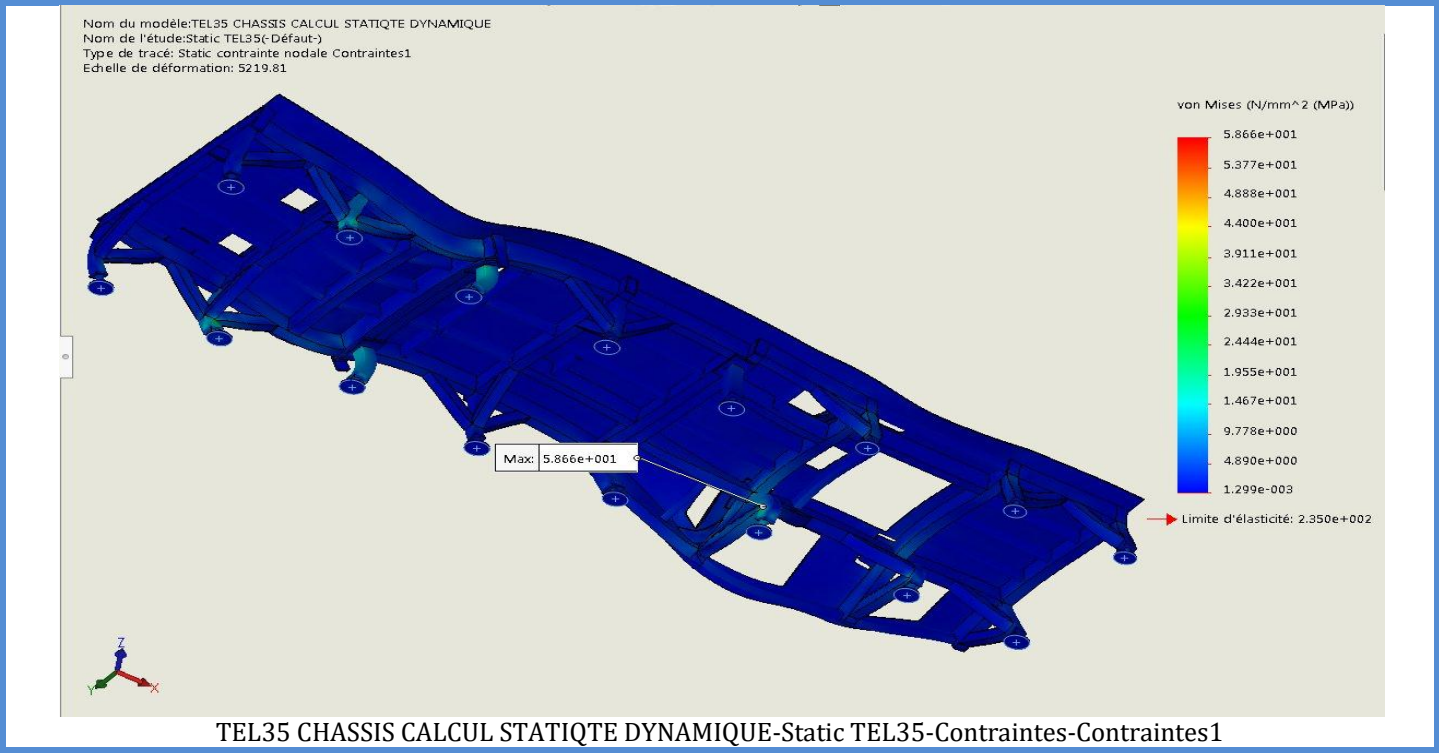
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Gravité1		<p>Référence: Face< 1 > Valeurs: 0 0 -9.81 Unités: m/s^2</p>
Force-1		<p>Entités: 2 face(s) Type: Force normale Valeur: 250 kgf</p>
Force-2		<p>Entités: 4 face(s) Type: Force normale Valeur: 324 kgf</p>
Force-3		<p>Entités: 4 face(s) Type: Force normale Valeur: 420 kgf</p>
Force-4		<p>Entités: 4 face(s) Type: Force normale Valeur: 190 kgf</p>
Force-5		<p>Entités: 3 face(s) Type: Force normale Valeur: 100 kgf</p>

5.2.2 Forces de réactions



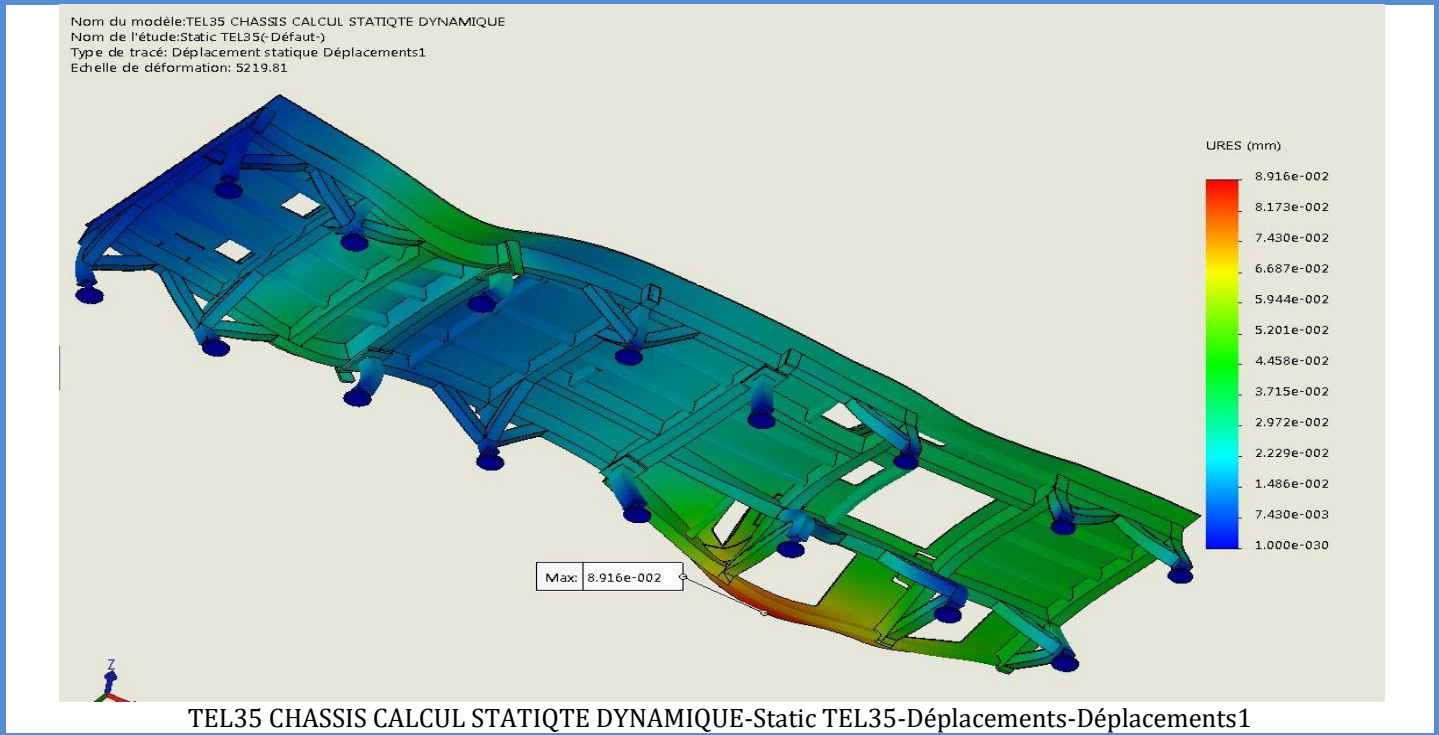
5.2.3. Contraintes (ELU)

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON : contrainte de von Mises	1.299e-003N/mm^2 (MPa) Noeud: 147379	5.866e+001N/mm^2 (MPa) Noeud: 185148



5.2.4. Déplacement (ELU)

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES : Déplacement résultant	0.000e+000mm Noeud: 180230	8.916e-002mm Noeud: 217578



5.2.5. Conclusion (ELU)

Résultats Déplacement (ELU)

La flèche est égale :
0.09 mm < 2 mm pour le châssis

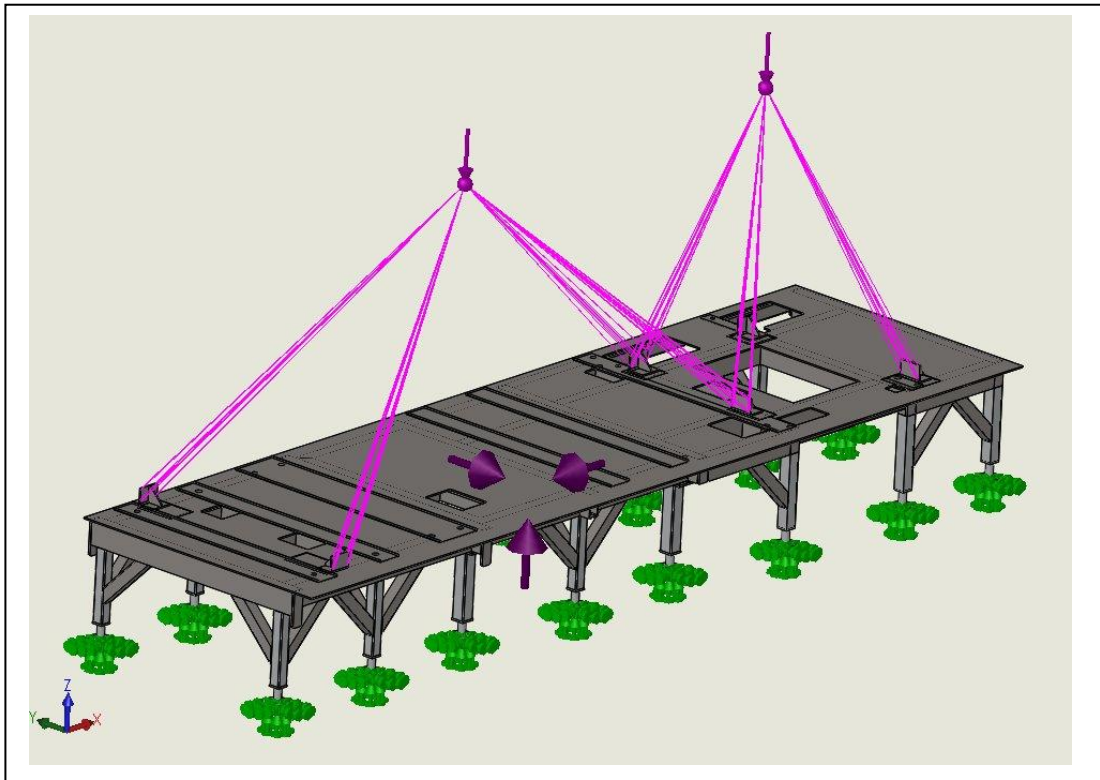
Résultats Contraintes (ELU)

Les contraintes maximales sont :

- Contrainte max en Von Mises : $\sigma_{\max} = \mathbf{59}$ MPa
 $\sigma_{\text{adm}} = 235$ MPa

5.3. Résultats en ELU ACCIDENTEL (séisme)

Analyse dynamique linéaire – Réponse spectrale



Excitation de la base :

Accélération horizontale = 5.18 m/s^2 (dans les 2 directions X et Z)

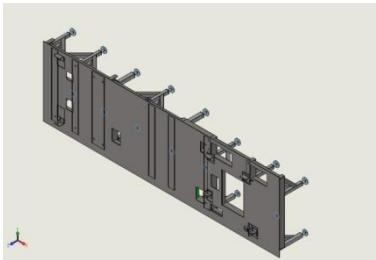
Accélération verticale = 1.73 m/s^2 (dans la direction verticale Y)

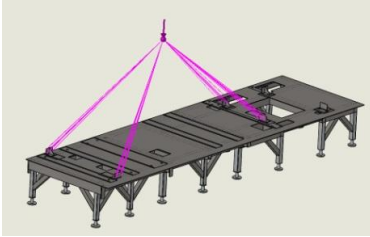
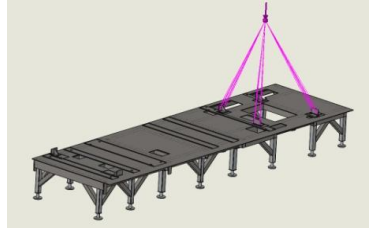
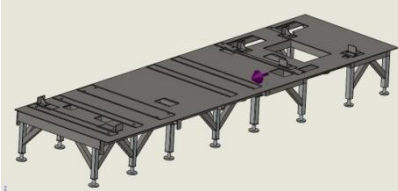
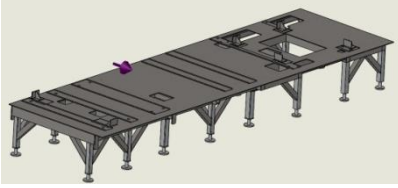
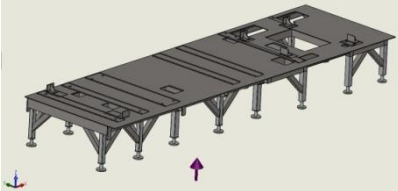
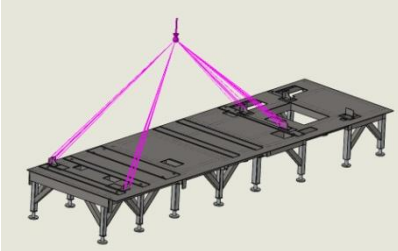
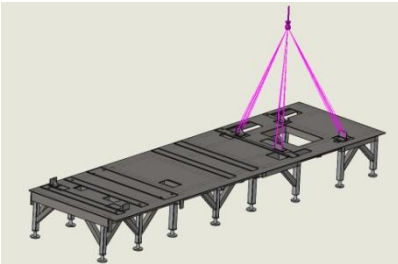
Machine : $M = 3200 \text{ kg}$ sur 4 appuis SISMIQUES

-Châssis : Masse châssis $M = 530 \text{ kg}$

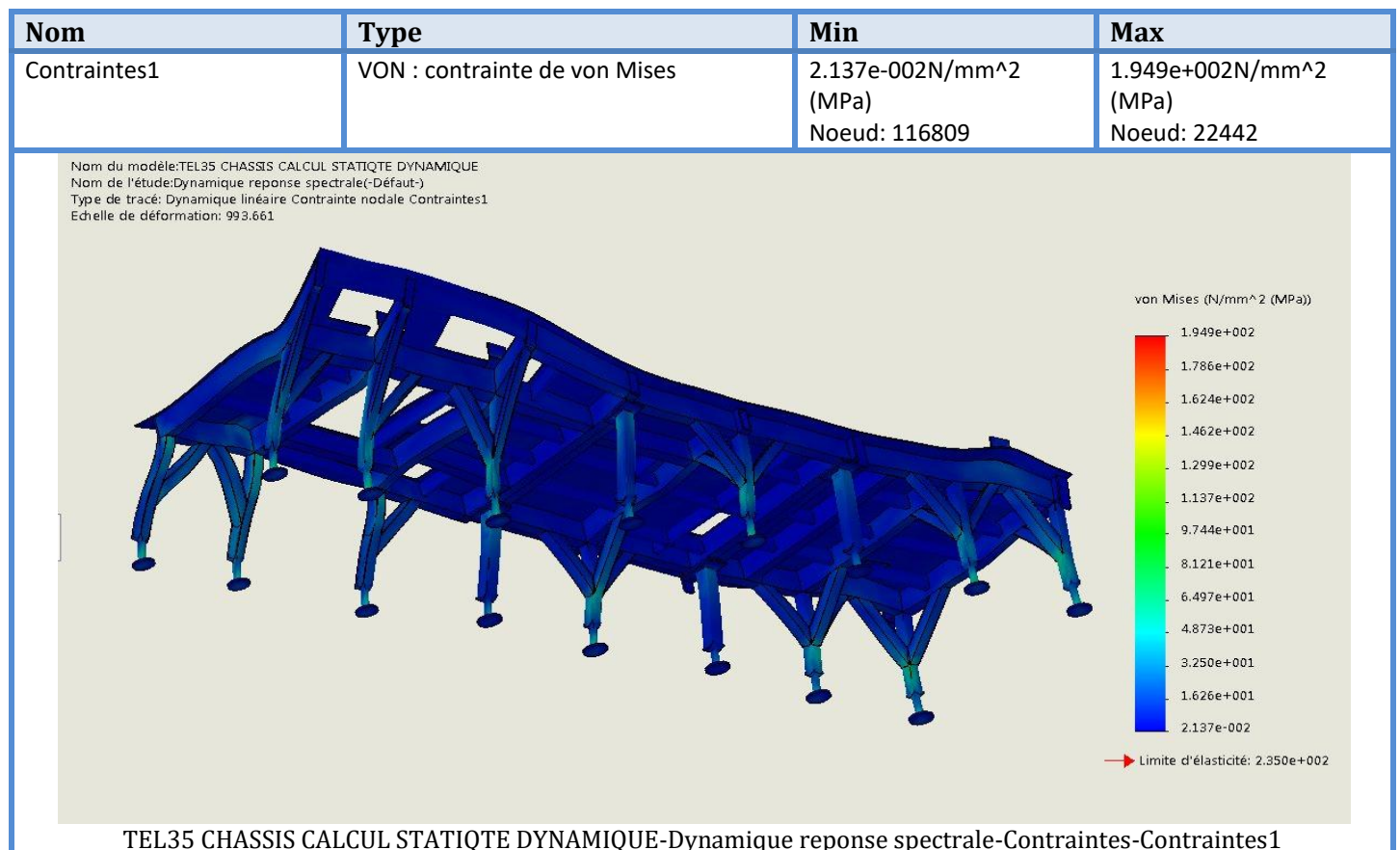
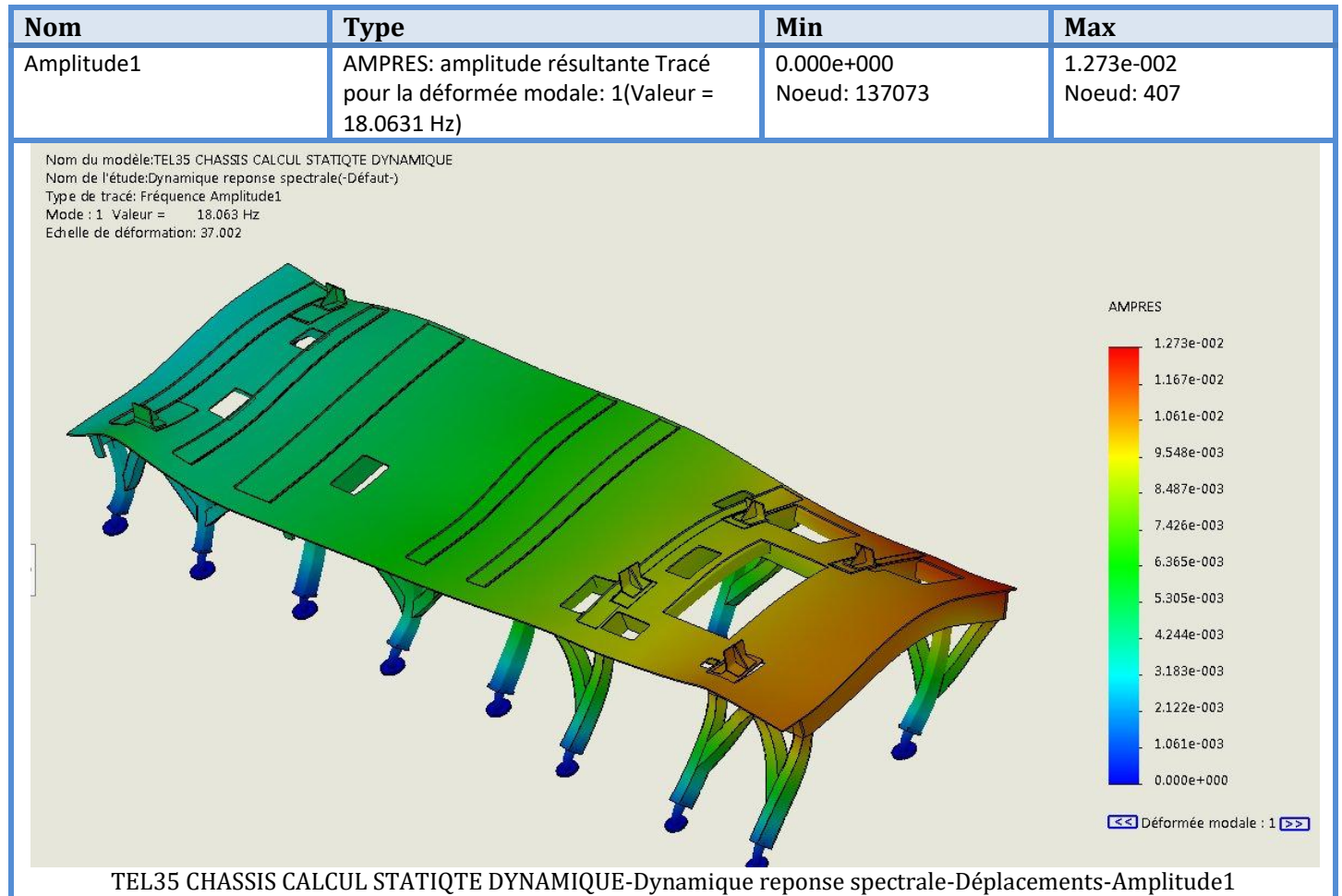
-Les supports du châssis : géométrie fixe au niveau du sol.

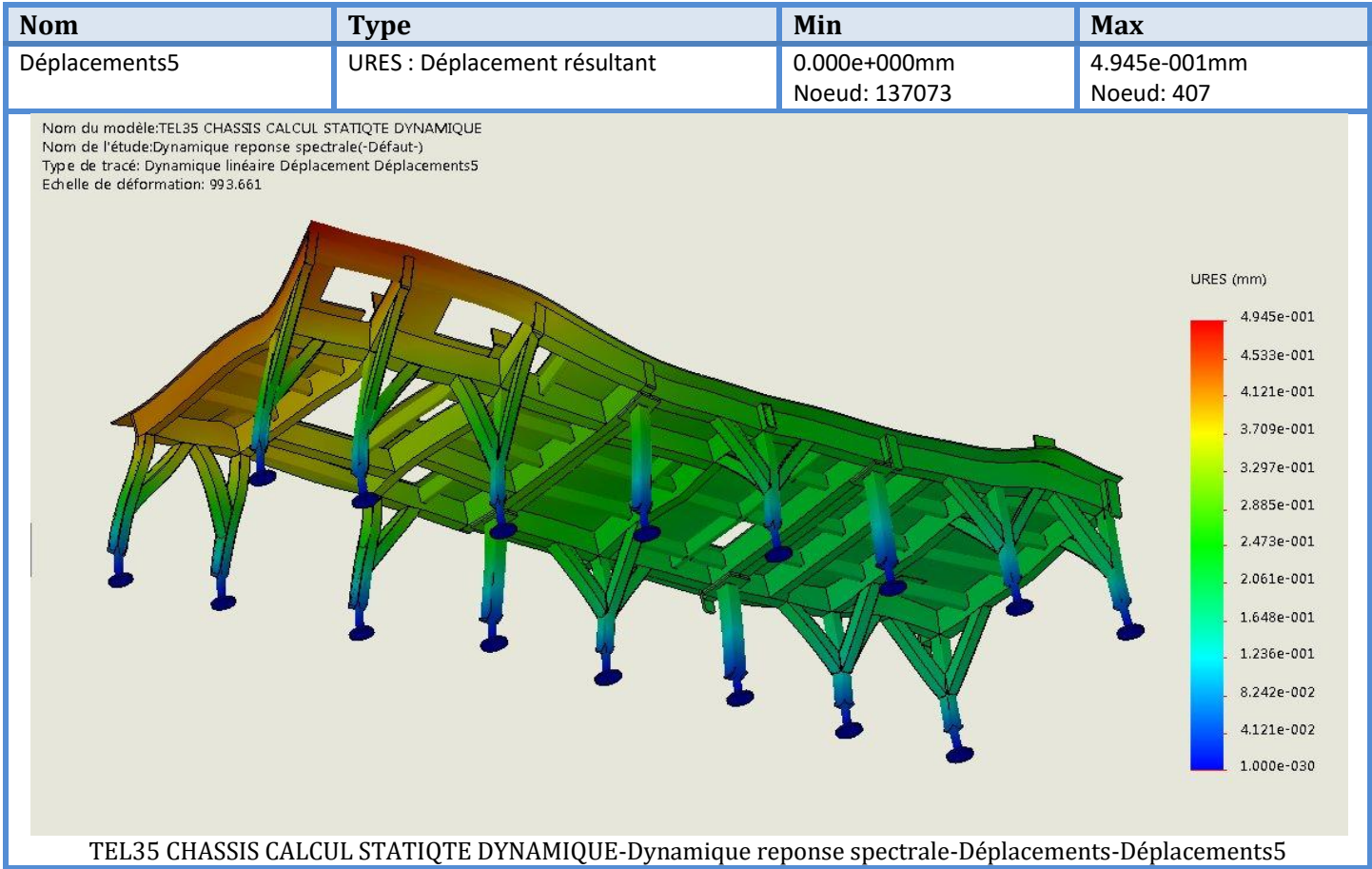
5.3.1 Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe-1		Entités: 16 face(s) Type: Géométrie fixe		
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	174814	181422	483126	544871
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	0

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-1		Entités: 4 face(s) Type: Chargement/Masse (connexion rigide) Système de coordonnées: Système de coordonnées1 Force Valeurs: ---, ---, -3000 kgf Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 3000 kg Composants transférés: Force
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-2		Entités: 4 face(s) Type: Chargement/Masse (connexion rigide) Système de coordonnées: Système de coordonnées2 Force Valeurs: ---, ---, -980 kgf Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 980 kg Composants transférés: Force
Excitation de la base sélectionnée-2		Type: Accélération Déplacement imposé: Fixe-1 Translation: -5.18, ---, --- Unités: mm Angle de phase: 0 Unités: deg
Excitation de la base sélectionnée-3		Type: Accélération Déplacement imposé: Fixe-1 Translation: ---, -5.18, --- Unités: mm Angle de phase: 0 Unités: deg
Excitation de la base sélectionnée-4		Type: Accélération Déplacement imposé: Fixe-1 Translation: ---, ---, 11 Unités: mm Unités: deg
Masse distribuée-1		Entités: 4 face(s) Type: Déplacement (transfert direct) Système de coordonnées: Coordonnées cartésiennes globales Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 3000 kg Moment d'inertie: 0,0,0,0,0 kg.cm^2
Masse distribuée-2		Entités: 4 face(s) Type: Déplacement (transfert direct) Système de coordonnées: Coordonnées cartésiennes globales Coordonnées de référence: 0 0 0 mm Masse à distance: 980 kg

5.3.2 Résultats de l'étude





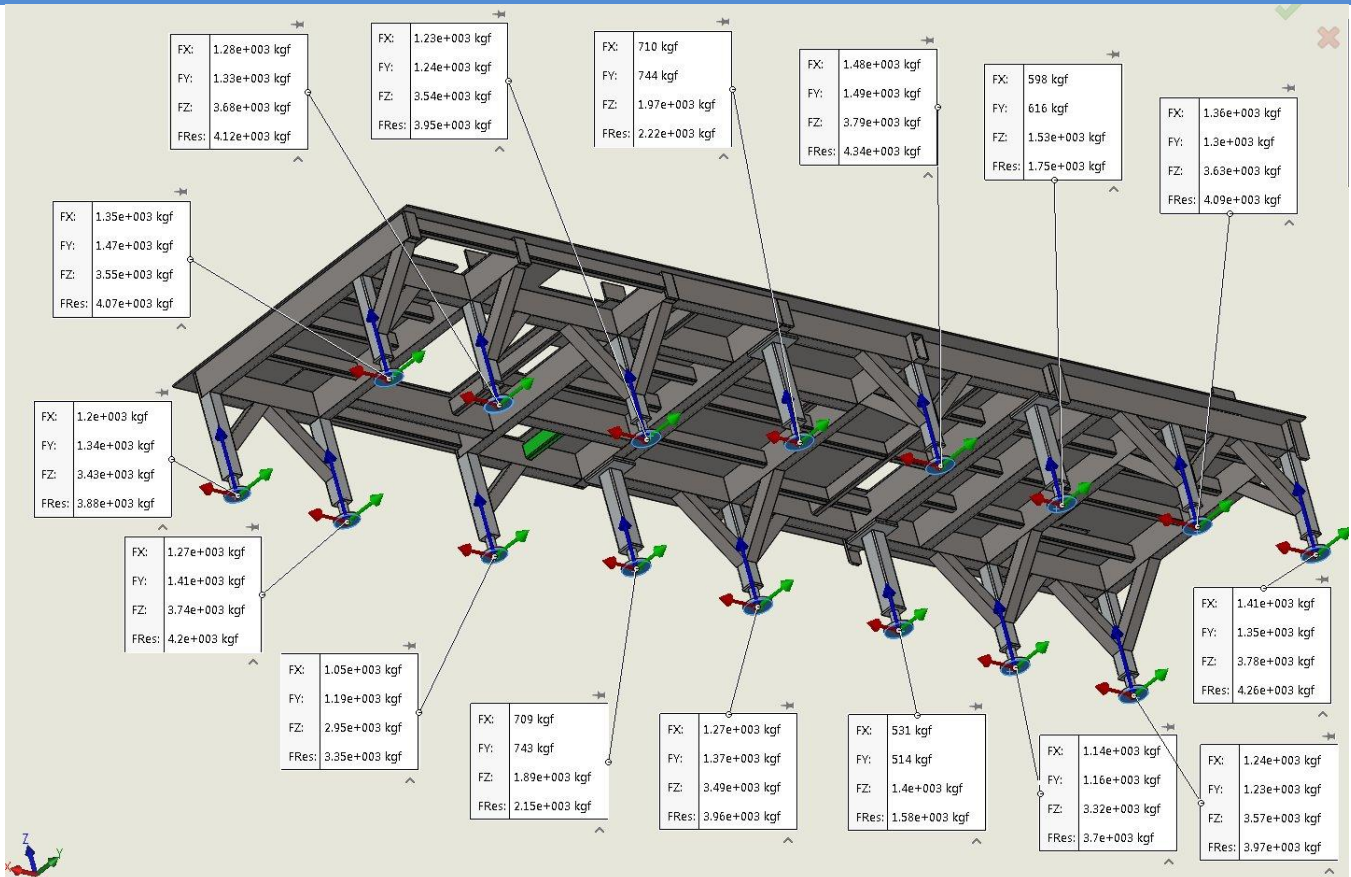
Participation massique (normalisée)

Mode No	Fréquence(Hertz)	Direction X	Direction Y	Direction Z
1	18.063	0.10495	0.022622	0.15948
2	29.685	0.58662	0.092827	0.0030179
3	31.214	0.062111	0.068458	0.013007
4	49.384	0.035292	0.50944	0.049533
		Somme X = 0.78897	Somme Y = 0.69335	Somme Z = 0.22503

5.3.3 Forces résultantes

Forces résultantes ELU ACCIDENTEL

Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	174814	181422	483126	544871
Maximum: FX :1480 Kg FY :1490 Kg FZ : 3790 Kg (traction)				



CALCUL TEST spectrale-Dynamique 1

5.3.4. Déplacements

La flèche est égale :

0.5 mm pour le châssis

5.3.5. Contraintes

Les contraintes maximales sont :

- Contrainte Von Mises :

$\sigma_{\max} = 195$ MPa

$\sigma_{\text{adm}} = 235$ MPa

6. Vérification des ancrages

Voir annexe « *ANNEXE A ANCRAGE CHASSIS TEL35.pdf* »

7. CONCLUSION

La tenue du châssis et de ses fixations est garantie en séisme EUROCODE 8.

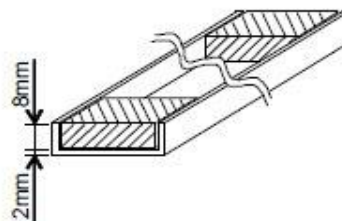
Les résultats répondent aux critères définis dans le paragraphe 3.4

6. Facility

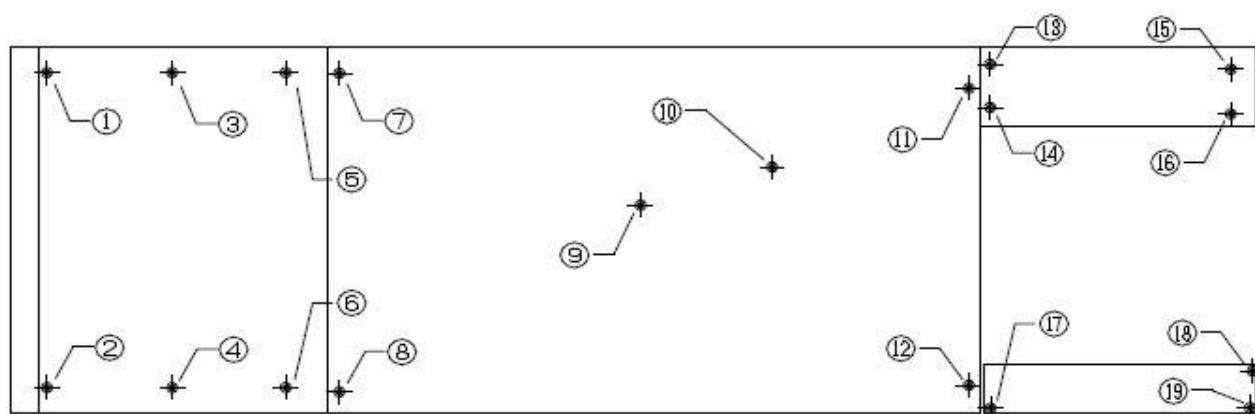
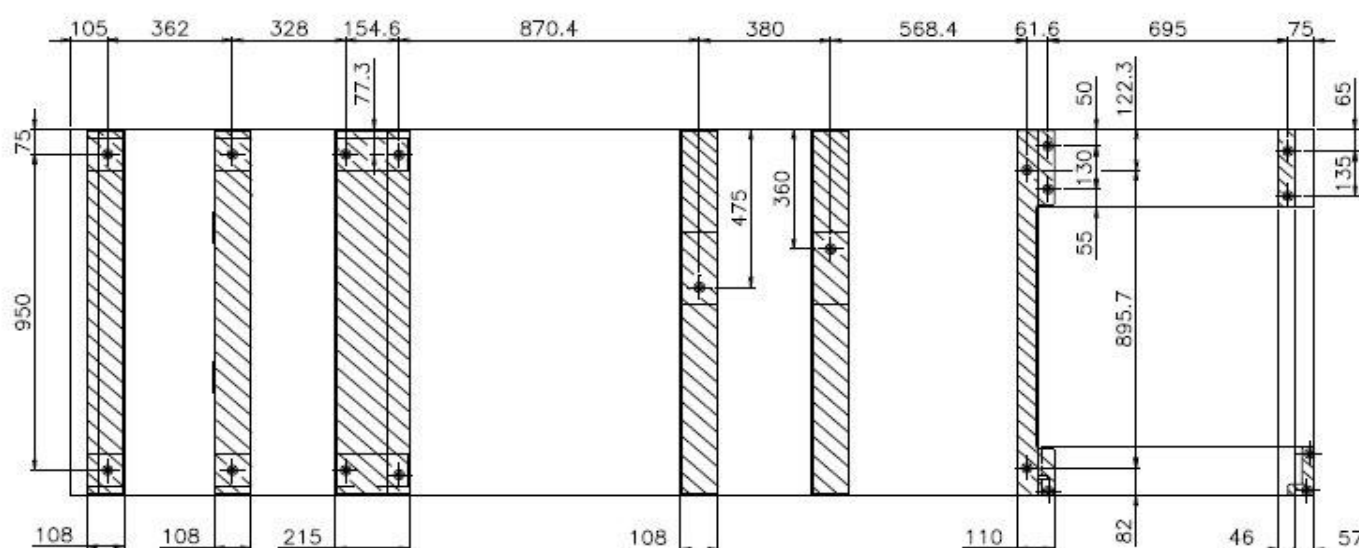
6.1. Base Plate, Estimated Mass of the Cabinets

Specification:

- Material : SUS430
- Thickness : $t=2.0\text{mm}+t=8.0\text{mm}$ (Furnace Unit)



1. Furnace

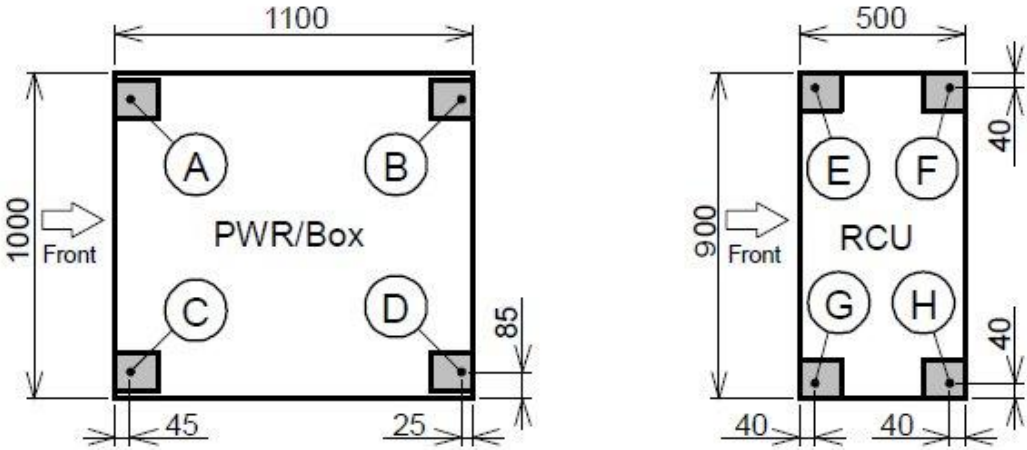


• Weight Loading of each Support Foot

Unit Name	Point	Load (kgf)	Unit Name	Point	Load(kgf)	
FNC	1	182.4		9	--	
	2	182.8		10	--	
	3	231.8		11	238.9	
	4	232.6		12	236.9	
	5	302.9	G/Box	13	104	
	6	304.6		14	135	
	7	350.9		15	114	
	8	349.8		16	148	
			Exh/Box	17	70	
				18	70	
				19	70	

2.Power/Box, RCU

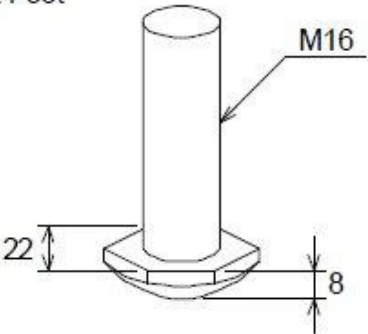
This Diagram Shows the Base Plate Locations.



• Weight Loading of each Support Foot.

Unit Name	Point	Load (kgf)	Unit Name	Point	Load (kgf)
PWR/Box	A	358.4	RCU	E	65
	B	379.7		F	74
	C	372.2		G	88
	D	394.2		H	101

• Support Foot



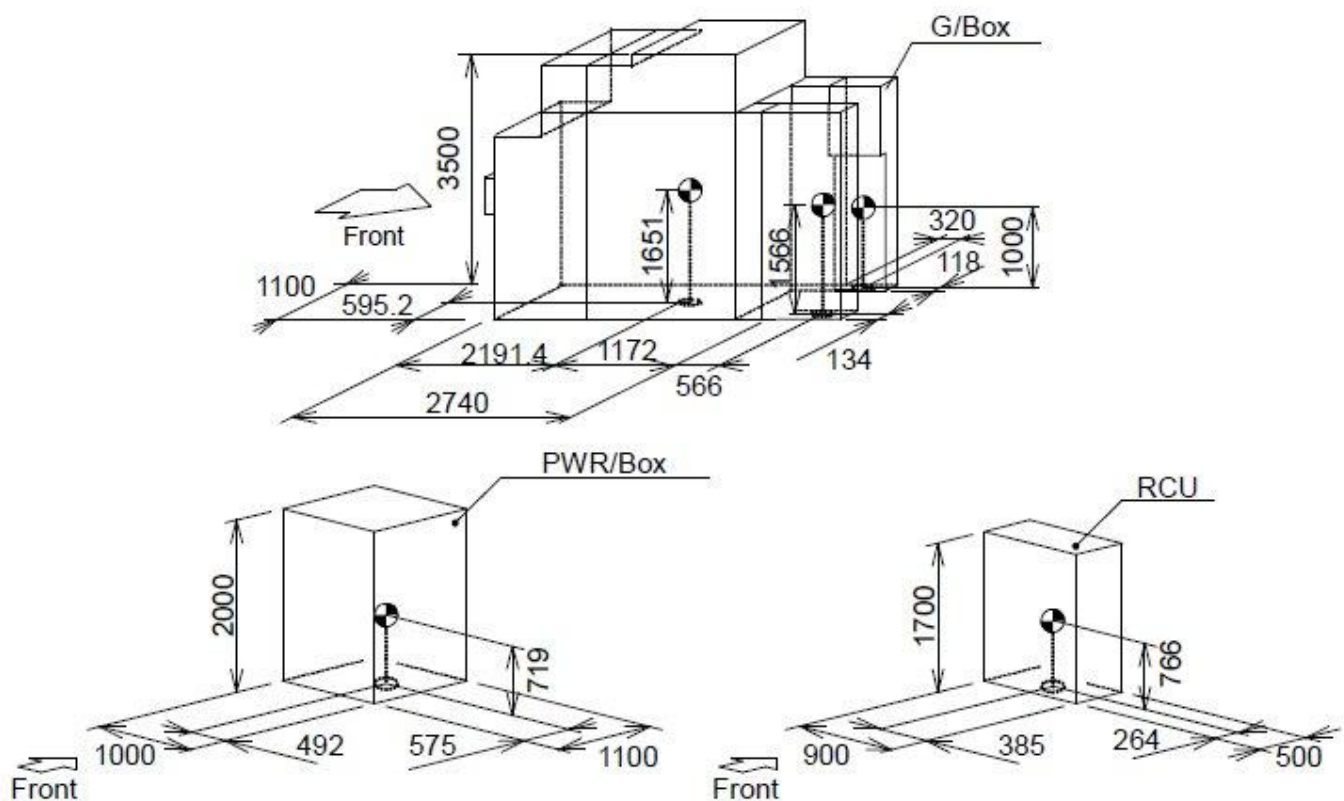
A small hexagon head bolt is used as a Foot.

3. Mass of each unit

	Unit Name	Estimated Mass	Remarks
1	FNC	Approximately 2,650 kg	
2	G/Box	Approximately 500 kg	
3	Exhaust/Box	-	This depends on customer's specification, inquire as required.
4	PWR/Box	Approximately 1,700 kg	
5	RCU	Approximately 350 kg	
6	Vacuum Pump	-	This depends on customer's specification, inquire as required.

Note): The mass will vary per system specifications.
The values described above are reference values to determine criteria for a set-up

4. The center of gravity position of each unit



Related Items:

6.2. Seismic Brackets

Other:

- Verify the load bearing capacity of floor at where the system is located.
- Be sure to locate the system at a bearable and stable floor. The mechanism may malfunction if the floor is not level due to a warp of floor or unstable floor.
- The particular results will be different depending on the customer's facility conditions.

6.2. Seismic Brackets

Overview:

These brackets are used to secure the system from moving by external force such as an earthquake.

These items are a customer specified option.

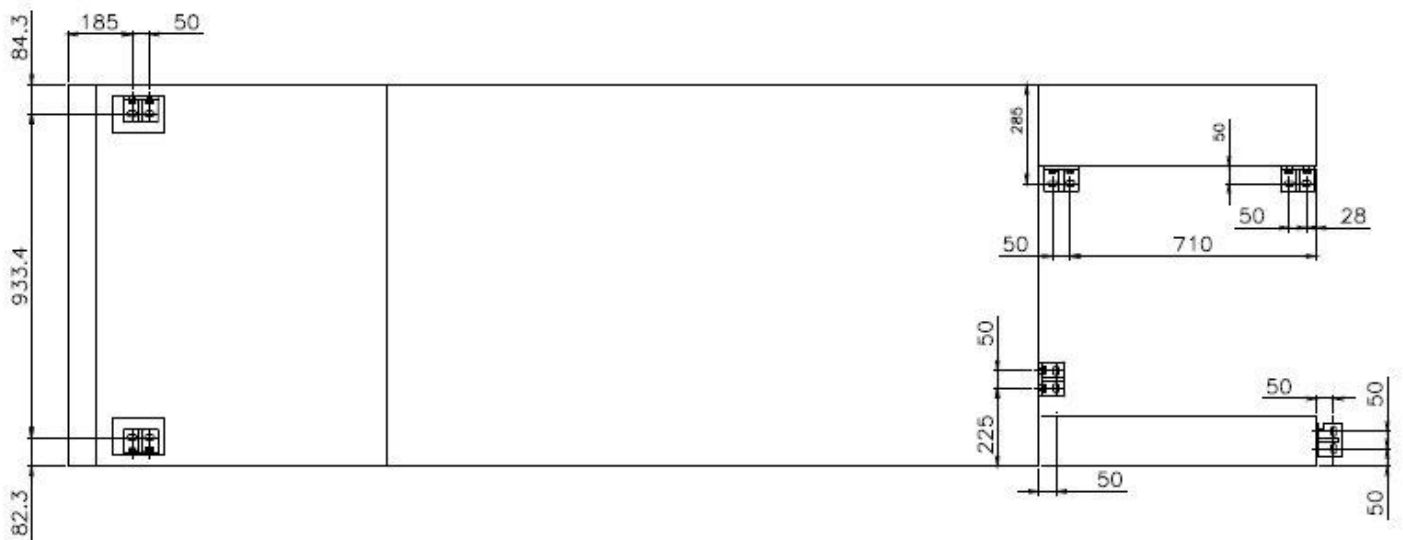
Specification:

Material: SUS304

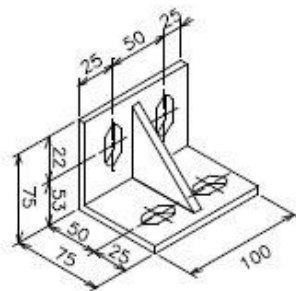
Thickness : t=6.0mm

Bolt Size : M12

• Seismic Angle Locations



• Standard Angle Detail



Related Items:

6.1. Base Plate, Estimated Mass of the Units

Other:

- Inquire for special specification in regard to earthquake proof countermeasures.
- Anchor bolt application is the customer's responsibility.
- Anchor bolts must be applied to reinforced floor in strength or securely fixed grading.