

## SOMMAIRE

<b>1. OBJET</b> .....	2	
2. Documents de référence .....	2	5.2. Résultats en ELU..... 10
3. Données de base .....	2	5.2.1 Actions exterieures .....
3.1. Géométrie .....	2	5.2.2 Forces de réactions .....
3.2. Matériaux .....	2	5.2.3 Contraintes (ELU) .....
3.3. Chargements.....	2	5.2.4 Déplacement (ELU) .....
3.4. Critères .....	2	5.2.5 Conclusion (ELU).....
<b>4. CALCULS</b> .....	3	5.3. Résultats en ELU ACCIDENTEL (séisme) .....
4.1. Méthode .....	3	5.3.1 Actions extérieures (ELU accidentel) .....
4.2. Modélisation de la géométrie.....	3	5.3.2 Résultats de l'étude (ELU accidentel) .....
4.3. Modélisation des liaisons.....	3	5.3.3 Forces résultantes (ELU accidentel) .....
4.4. Modélisation des chargements .....	3	5.3.4 Déplacement conclusion .....
<b>5. RESULTATS</b> .....	3	5.3.5 Contrainte conclusion .....
5.1. Analyse modale.....	3	
5.1.1 Description .....	3	<b>6 CONCLUSION</b> ..... 17
5.1.2 Informations sur le modèle .....	4	<b>7 VERIFICATION DES ANCRAGES</b> .....
5.1.3 Propriétés de l'étude.....	4	Annexe Données W-GM-4200E.....
5.1.4 Unités.....	4	20
5.1.5 Propriétés du matériau .....	5	
5.1.6 Actions extérieures.....	5	
5.1.7 Informations sur le maillage.....	6	
5.1.8 Résultats de l'étude .....	7	
5.1.9 Conclusion analyse modale.....	6	

## 1. OBJET

Vérification la tenue du châssis de la machine W-GM-4200E au poids propre et au séisme. Une Analyse modale est réalisée pour identifier les premiers modes propres.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE:

[1] Châssis W-GM-4200E: Dossier de plans LI- W-GM-4200E-00 à LI- W-GM-4200E-09

[2] Règles EUROCODE 8 pour définition du séisme.

**Le seul document donné par le client est le PDF en page 20.**

## 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  $0.9 / 1.25 = 576 \text{ MPa}$

Cisaillement : limite à la rupture  $0.6 / 1.25 = 384 \text{ MPa}$

- Contraintes admissibles dans la boulonnerie M30 :

Traction : limite à la rupture  $0.9 / 1.25 = 288 \text{ MPa}$

Cisaillement : limite à la rupture  $0.6 / 1.25 = 192 \text{ MPa}$

#### 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  $0.9 / 1.25 = 576 \text{ MPa}$

Cisaillement : limite à la rupture  $0.6 / 1.25 = 384 \text{ MPa}$

- Contraintes admissibles dans la boulonnerie M30 :

Traction : limite à la rupture  $0.9 / 1.25 = 288 \text{ MPa}$

Cisaillement : limite à la rupture  $0.6 / 1.25 = 192 \text{ MPa}$

## 4. CALCULS

### 4.1. Méthode

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

- **Analyse fréquentielle**

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

Analyse fréquentielle (2 premiers modes propres).

- **Cas ELU** Analyse statique

Modélisation des masses par pieds de la machine.

- **Cas ELU accidentel** (Séisme) 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  $M = 3000 \times 1.35 = 4500 \text{ Kg}$

Châssis : Masse châssis  $M = 470 \text{ Kg}$

*Séisme :*

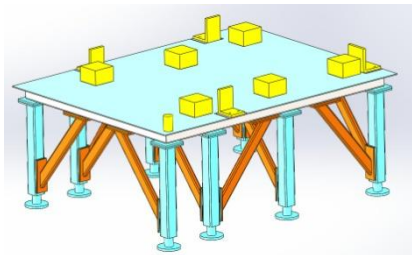
Les accélérations retenues pour la vérification des châssis sont :

Accélération horizontale =  $5.40 \text{ m/s}^2$  (dans les 2 directions X et Y)

Le séisme résultant est la combinaison quadratique des 2 directions (Méthode SRSS)

## 5. RESULTATS

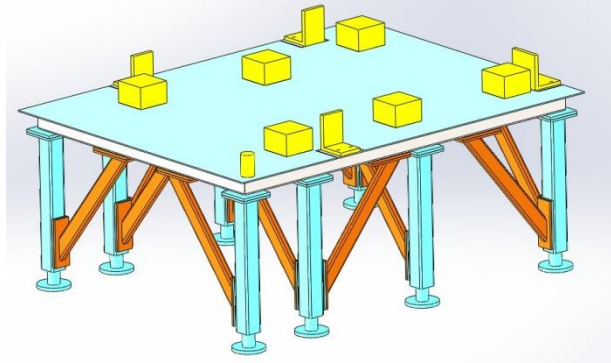
### 5.1. Analyse modale



#### 5.1.1 Description

Analyse modale des 2 premiers modes

## 5.1.2 Informations sur le modèle



Nom du modèle: W-GM-4200E B CHASSIS CALCUL  
Configuration actuelle: Défaut

### Corps volumiques

Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques	Chemin/Date de modification du document
CHASSIS W-GM-4200E	Corps volumique	Masse:470 kg Masse volumique:7800 kg/m <sup>3</sup>	C:\transfert\chassis life ingenerie\ W-GM-4200E\li resultat\ W-GM-4200E B CHASSIS CALCUL - FREQUENCE.SLDPRT

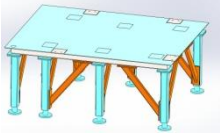
## 5.1.3 Propriétés de l'étude

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	Désactivé(e)

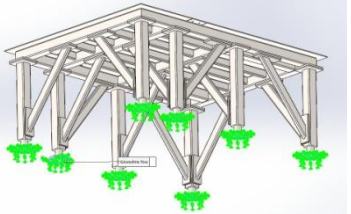
## 5.1.4 Unités

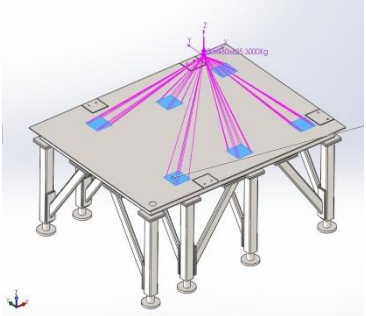
Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/Contrainte	N/mm <sup>2</sup> (MPa)

### 5.1.5 Propriétés du matériau

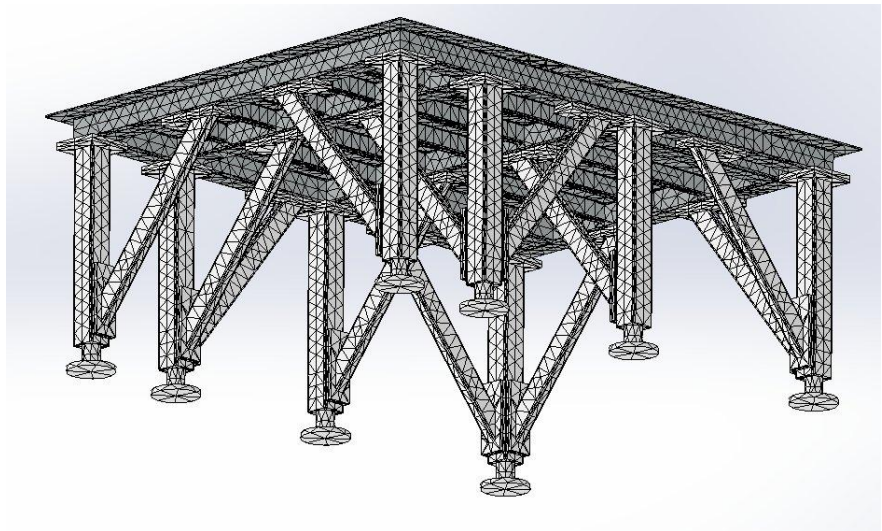
Référence du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom: <b>1.0037 (S235JR)</b></p> <p>Type de modèle: <b>Linéaire élastique isotropique</b></p> <p>Critère de ruine par défaut: <b>Contrainte de von Mises max.</b></p> <p>Limite d'élasticité: <b>2.35e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Limite de traction: <b>3.6e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Masse volumique: <b>7800 kg/m<sup>3</sup></b></p> <p>Module d'élasticité: <b>2.1e+011 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Coefficient de Poisson: <b>0.28</b></p> <p>Coefficient de dilatation thermique: <b>1.1e-005 /Kelvin</b></p>	<p>C:\transfert\chassis life ingenerie\ W-GM-4200E\li resultat\ W-GM-4200E 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		<p>Entités: <b>8 face(s)</b></p> <p>Type: <b>Géométrie fixe</b></p>

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-1		<p>Entités: <b>6 face(s)</b></p> <p>Type: <b>Chargement/Masse (connexion rigide)</b></p> <p>Système de coordonnées: <b>550x460x625 3000Kg</b></p> <p>Force Valeurs: <b>---, ---, -3000 kgf</b></p> <p>Masse à distance: <b>3000 kg</b></p> <p>Composants transférés: <b>Force</b></p>

5.1.7 Informations sur le maillage



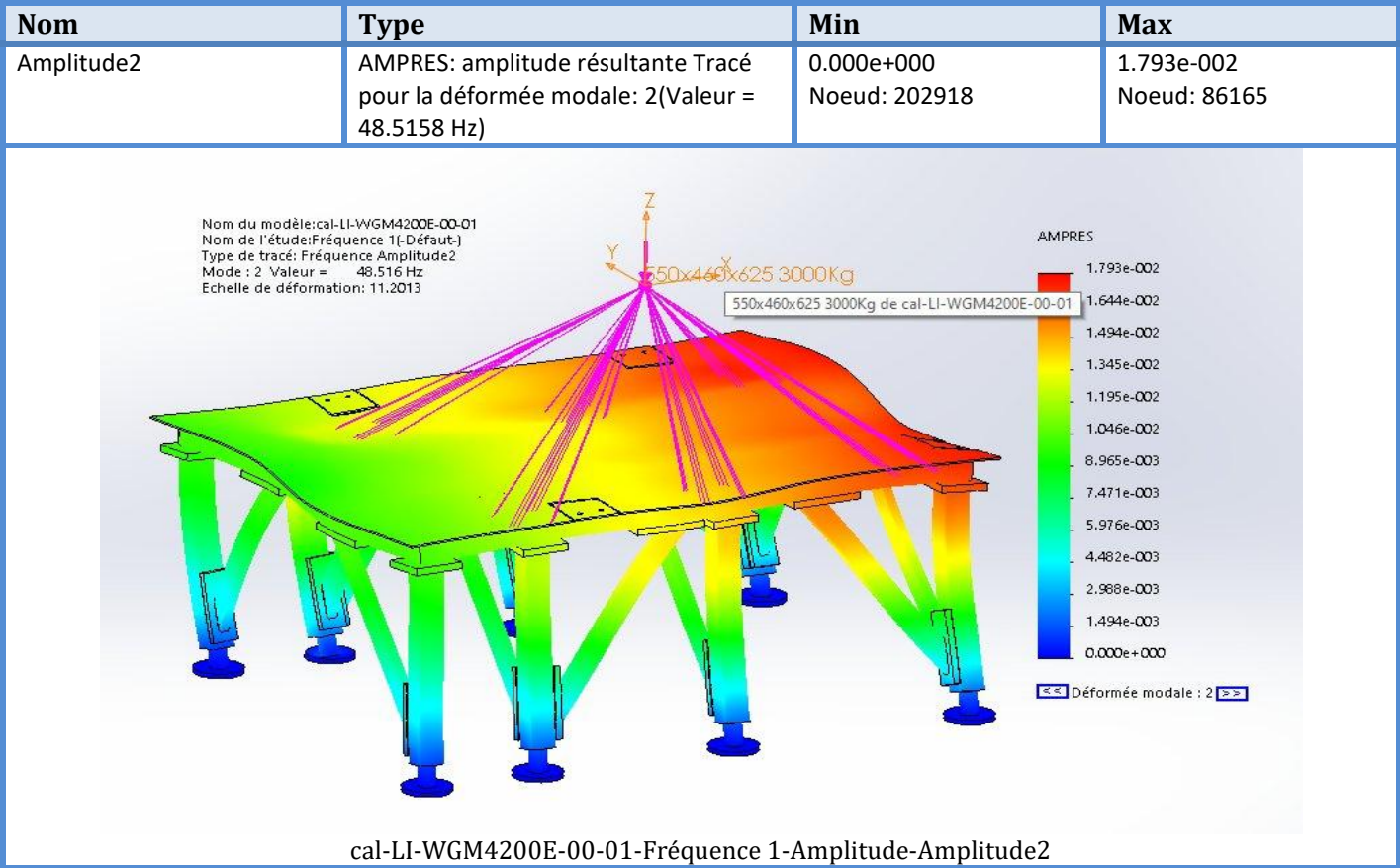
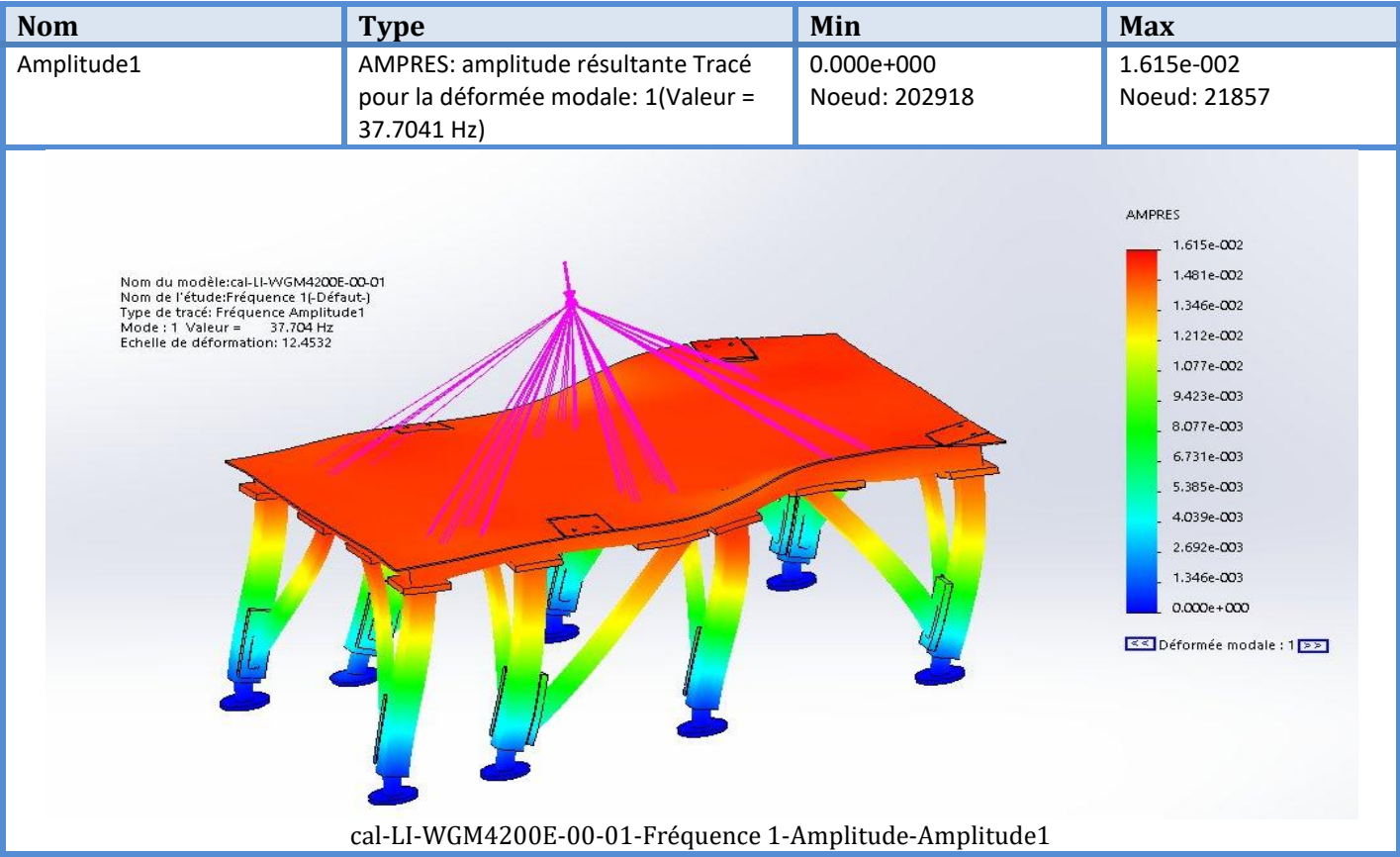
Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage basé sur la courbure
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément maximum	100 mm
Taille d'élément minimum	20 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute
Remailler les pièces en échec avec un maillage incompatible	Activé(e)

Informations sur le maillage - Détails

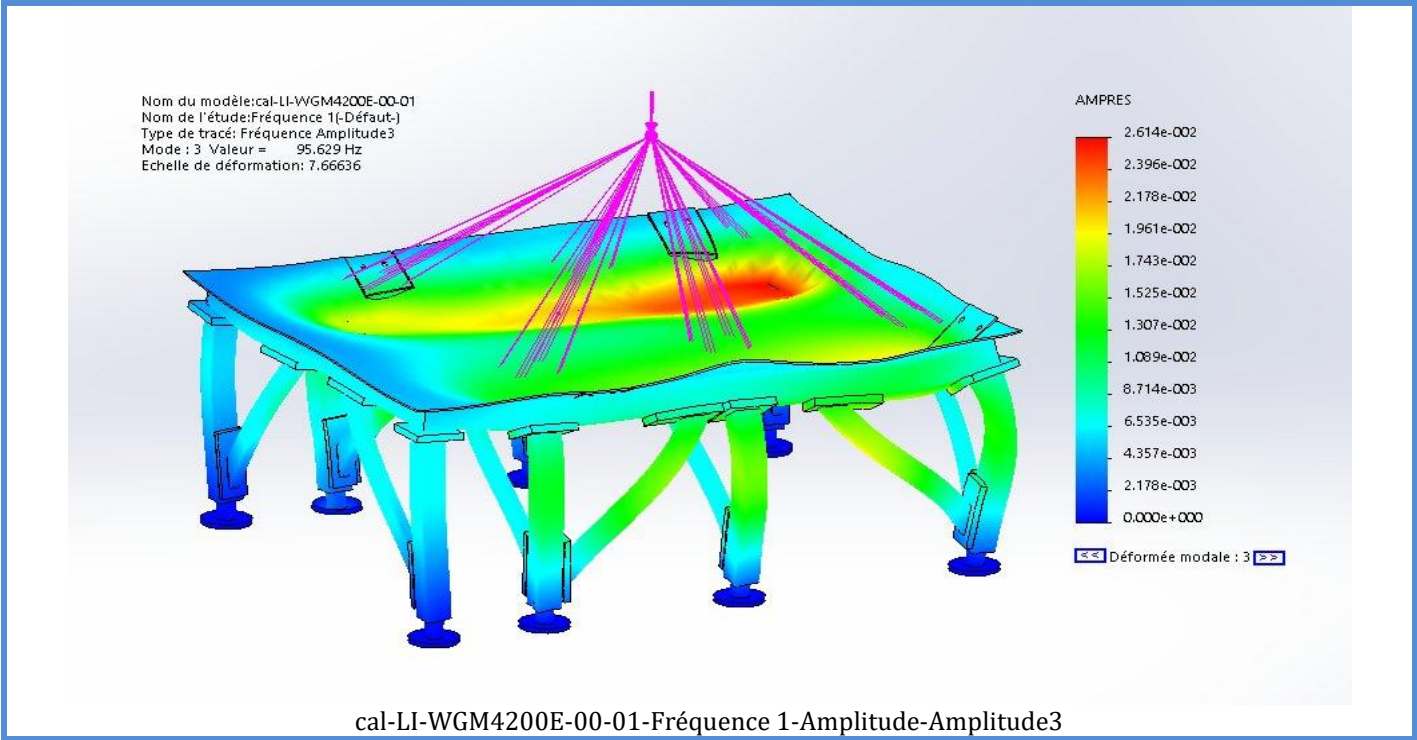
Nombre total de noeuds	318103
Nombre total d'éléments	163383
Aspect ratio maximum	84.853
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	4.35
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	14.2
% d'éléments distordus (Jacobian)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:21



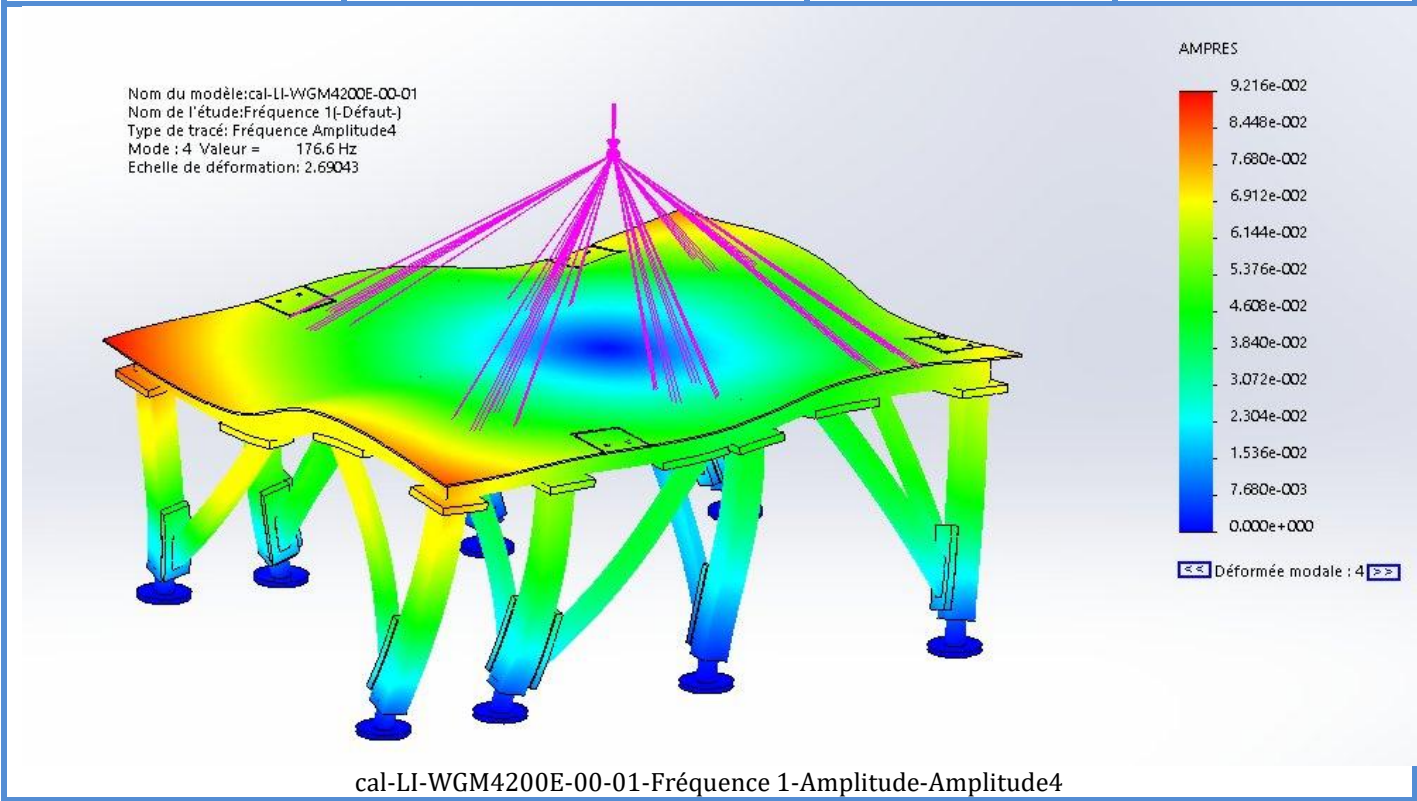
5.1.8 Résultats de l'étude Frequentielle



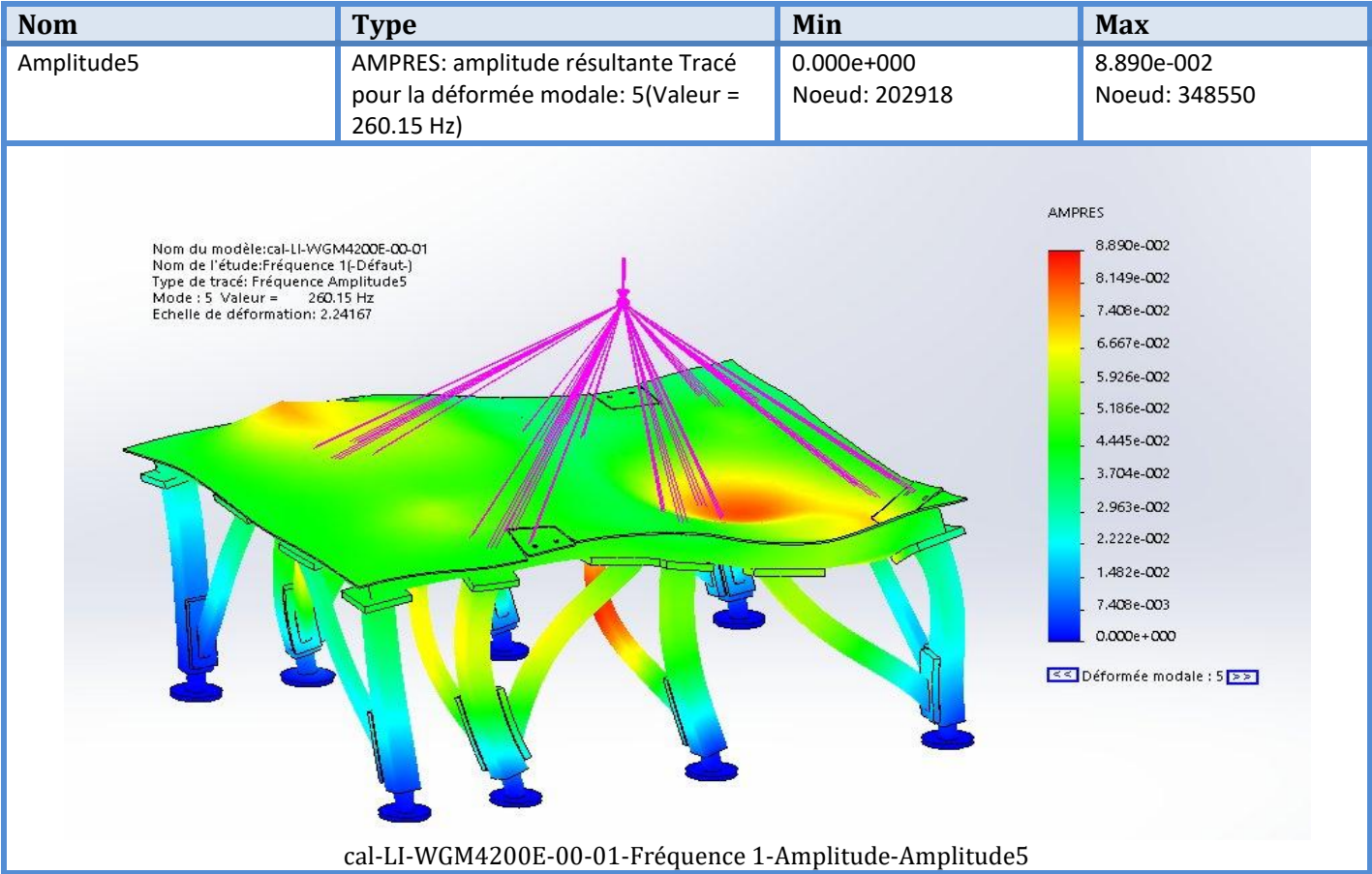
Nom	Type	Min	Max
Amplitude3	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 3(Valeur = 95.6291 Hz)	0.000e+000 Noeud: 202918	2.614e-002 Noeud: 196829



Nom	Type	Min	Max
Amplitude4	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 4(Valeur = 176.602 Hz)	0.000e+000 Noeud: 202918	9.216e-002 Noeud: 177890







Liste des modes

Fréquence No	Rad/sec	Hertz	secondes
1	236.9	37.704	0.026522
2	304.83	48.516	0.020612
3	600.86	95.629	0.010457
4	1109.6	176.6	0.0056624
5	1634.6	260.15	0.0038439

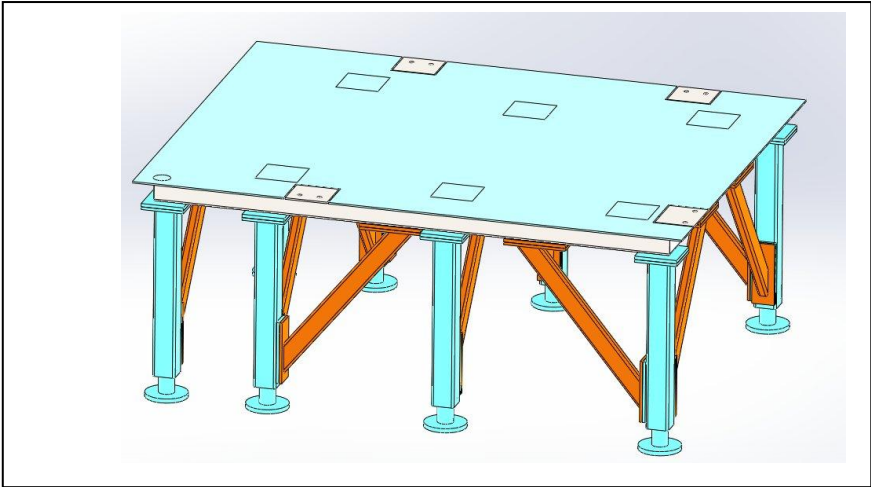
Participation massique (normalisée)

Mode No	Fréquence(Hertz)	Direction X	Direction Y	Direction Z
1	37.704	0.341	0.55289	9.5996e-005
2	48.516	0.26633	0.056525	0.42965
3	95.629	0.3081	0.12354	0.32222
4	176.6	0.00089926	0.00041519	0.00012601
5	260.15	0.023516	0.066106	0.0035505
		Somme X = 0.93984	Somme Y = 0.79948	Somme Z = 0.75564

5.1.9 Conclusion

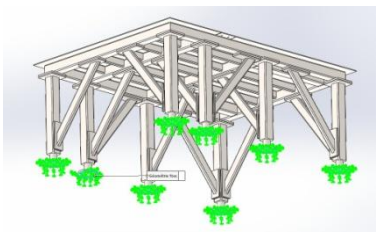
Premier mode de résonance correct : 37.7 Hz > 30 Hz.

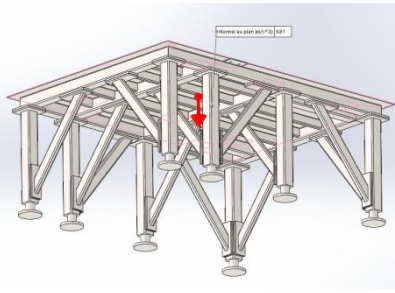
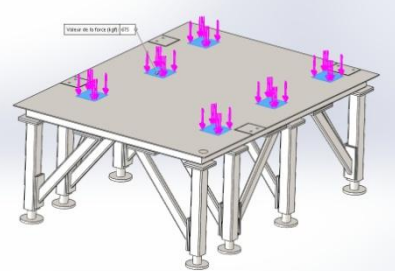
5.2. Résultats en ELU



- Poids Propre
- Machine : Masse unitaire  $M = 3000 \times 1.35 = 4050 \text{ kg}$
  - Châssis : Masse châssis  $M = 470 \text{ kg}$
  - Gravité :  $9.81 \text{ m/s}^2$
  - Les supports du châssis sont en appui plan au niveau du sol.
  - Les chevilles HST3 M12 ancrées dans le béton

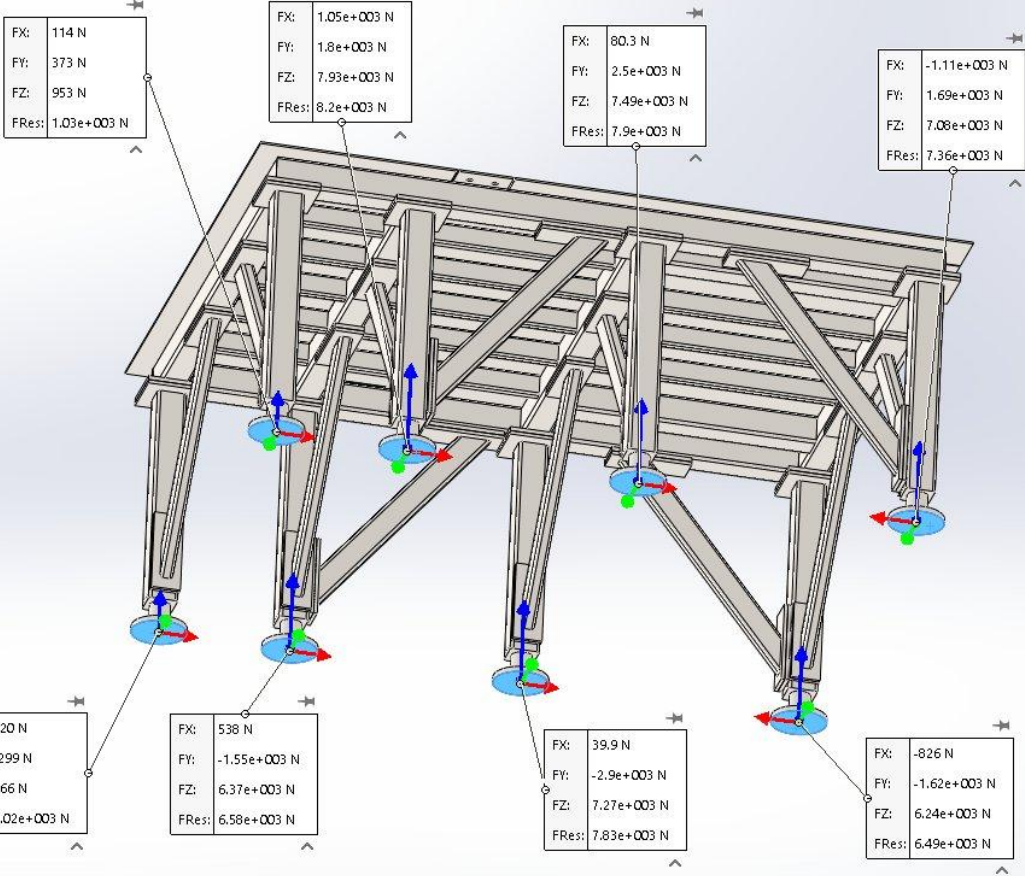
5.2.1 Actions exterieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé			
Fixe-1		Entités: 8 face(s) Type: Géométrie fixe			
Forces résultantes					
Composants		X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)		6.10352e-005	-0.000284195	44300.7	44300.7

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Gravité1		Référence: Face< 1 > Valeurs: 0 0 -9.81 Unités: m/s^2
Force-1		Entités: 6 face(s) Type: Force normale Valeur: 675 kgf

5.2.2 Forces de réactions

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N	6.10352e-005	-0.000284195	44300.7	44300.7

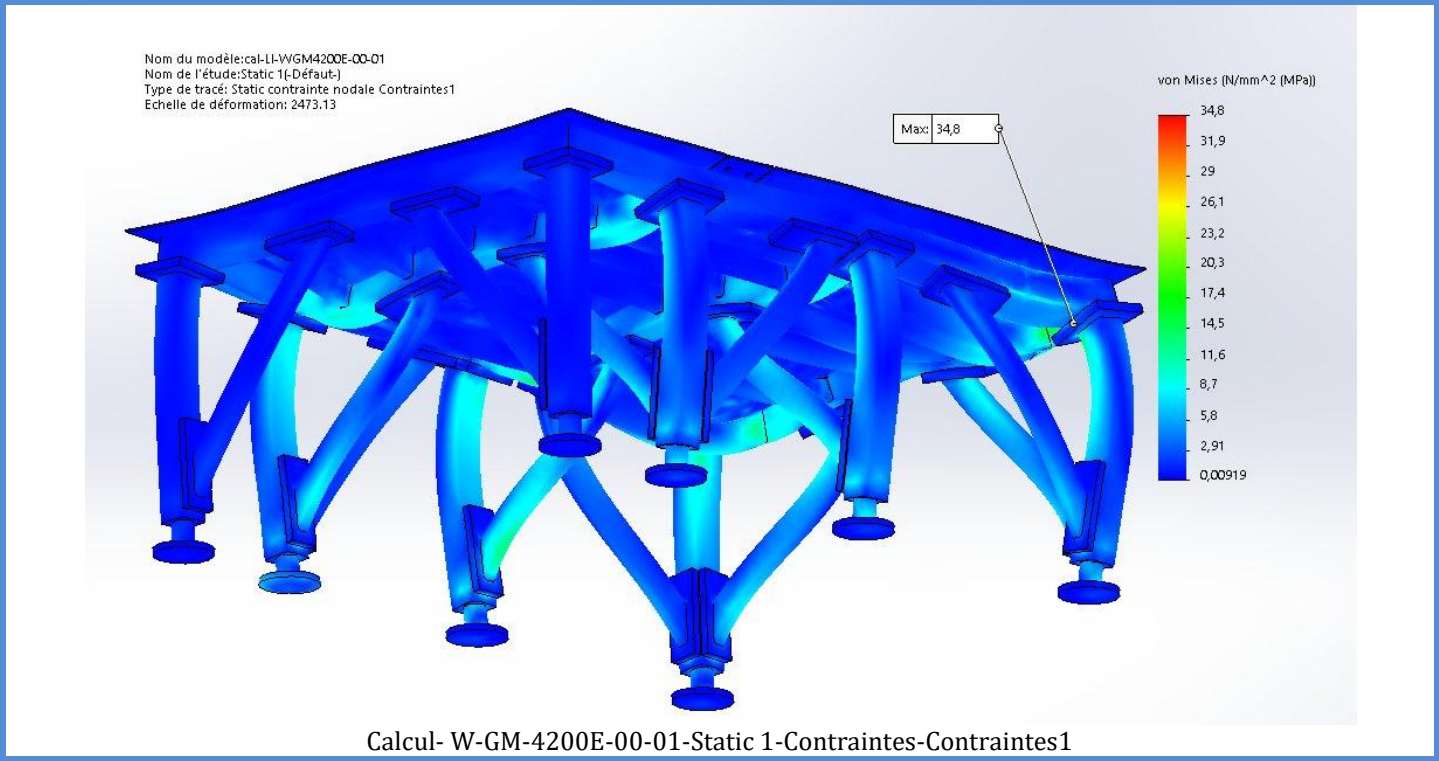


Reaction force data points (FX, FY, FZ, FRes):

- Top Left: FX: 114 N, FY: 373 N, FZ: 953 N, FRes: 1.03e+003 N
- Top Middle-Left: FX: 1.05e+003 N, FY: 1.8e+003 N, FZ: 7.93e+003 N, FRes: 8.2e+003 N
- Top Middle-Right: FX: 80.3 N, FY: 2.5e+003 N, FZ: 7.49e+003 N, FRes: 7.9e+003 N
- Top Right: FX: -1.11e+003 N, FY: 1.69e+003 N, FZ: 7.08e+003 N, FRes: 7.36e+003 N
- Bottom Left: FX: 120 N, FY: -299 N, FZ: 966 N, FRes: 1.02e+003 N
- Bottom Middle-Left: FX: 538 N, FY: -1.55e+003 N, FZ: 6.37e+003 N, FRes: 6.58e+003 N
- Bottom Middle-Right: FX: 39.9 N, FY: -2.9e+003 N, FZ: 7.27e+003 N, FRes: 7.83e+003 N
- Bottom Right: FX: -826 N, FY: -1.62e+003 N, FZ: 6.24e+003 N, FRes: 6.49e+003 N

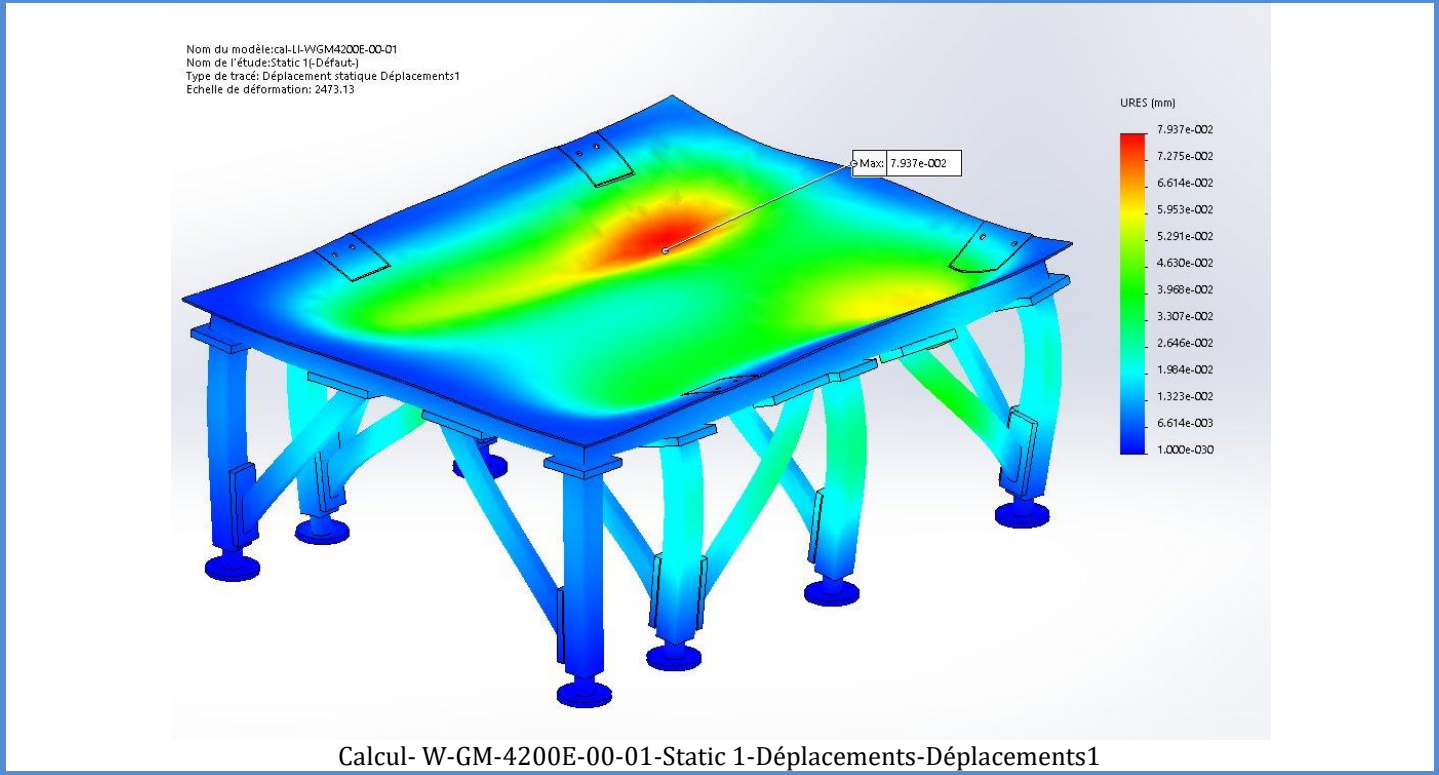
5.2.3. Contraintes (ELU)

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON : contrainte de von Mises	0,00919 N/mm^2 (MPa) Noeud: 145209	34,8 N/mm^2 (MPa) Noeud: 17864



5.2.4. Déplacement (ELU)

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES : Déplacement résultant	0.000e+000mm Noeud: 87884	7.937e-002mm Noeud: 32020





### 5.2.5. Conclusion (ELU)

#### Résultats Déplacement (ELU)

La flèche est égale :  
**0.07** mm < 1 mm pour le châssis

#### Résultats Contraintes (ELU)

Les contraintes maximales sont :

- Contrainte max en Von Mises :  $\sigma_{\max} = \mathbf{34.8}$  MPa  
 $\sigma_{\text{adm}} = 235$  MPa

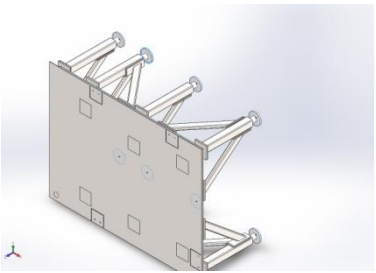
### 5.3. Résultats en ELU ACCIDENTEL (séisme)

#### Analyse dynamique linéaire – Réponse spectrale

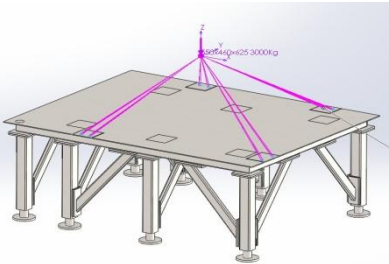
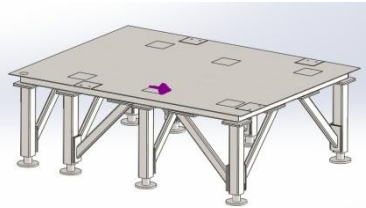
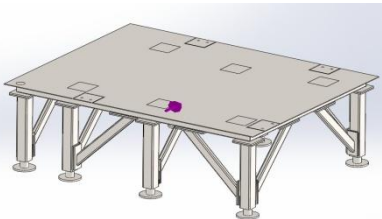
Excitation de la base :  
Accélération horizontale = 5.4 m/s<sup>2</sup> (dans les 2 directions X et Z)

Machine : M = 3000 kg sur 4 appuis SISMIQUES  
-Châssis : Masse châssis M = 470 kg  
-Les supports du châssis : géométrie fixe au niveau du sol.

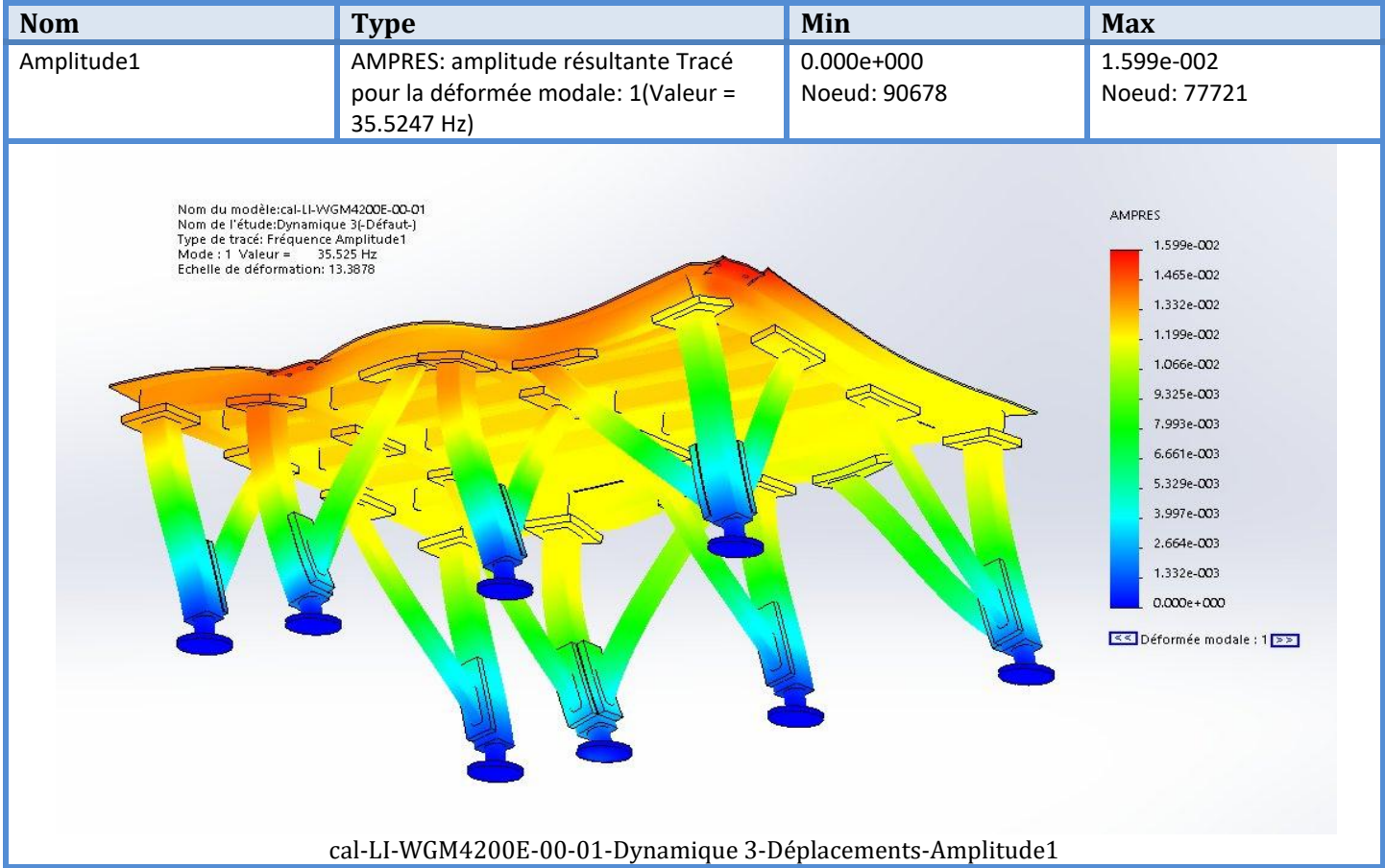
#### 5.3.1 Actions extérieures

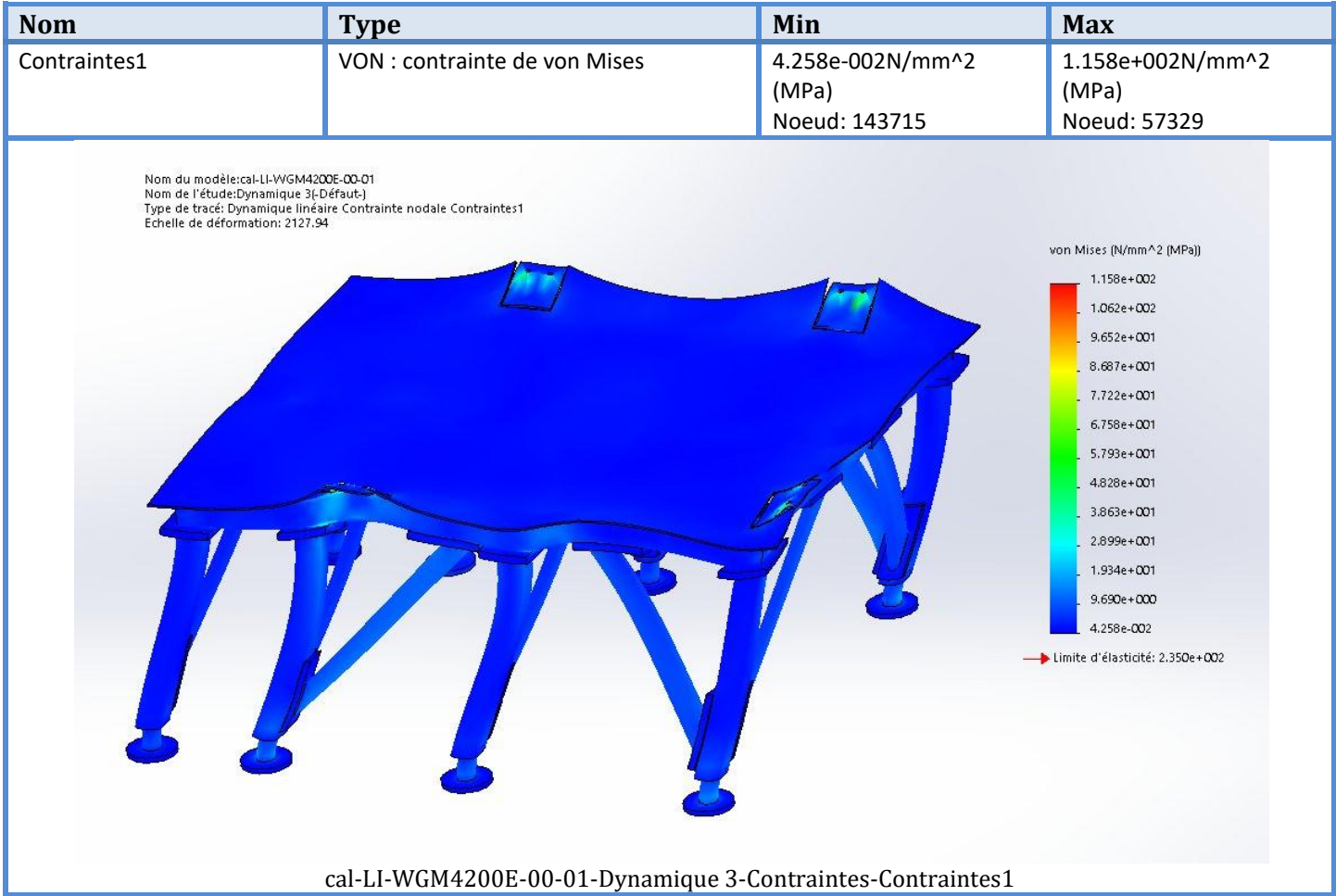
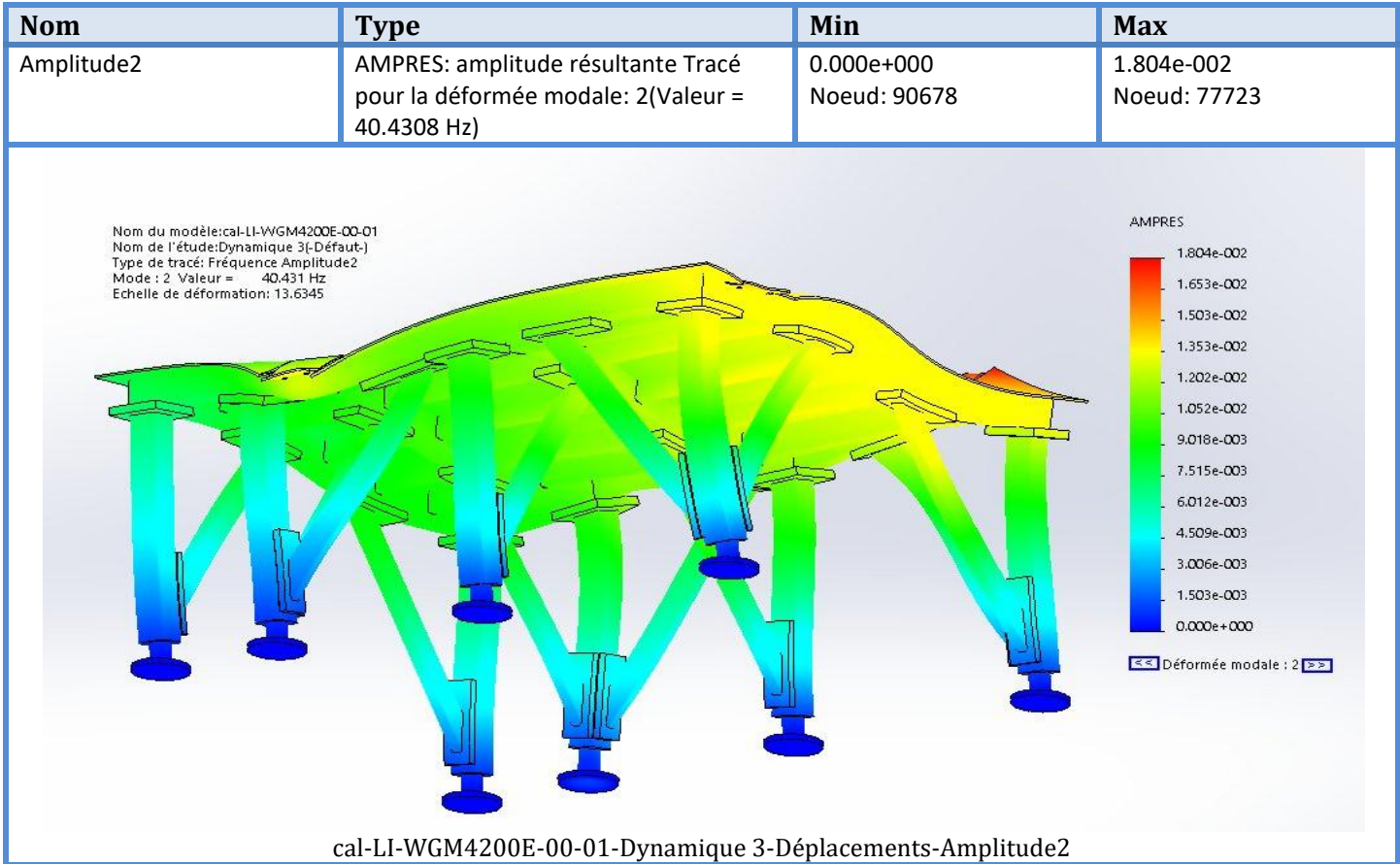
Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé			
Fixe-1		Entités: 8 face(s) Type: Géométrie fixe			
Forces résultantes					
Composants		X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)		61199.6	59098	146383	169310

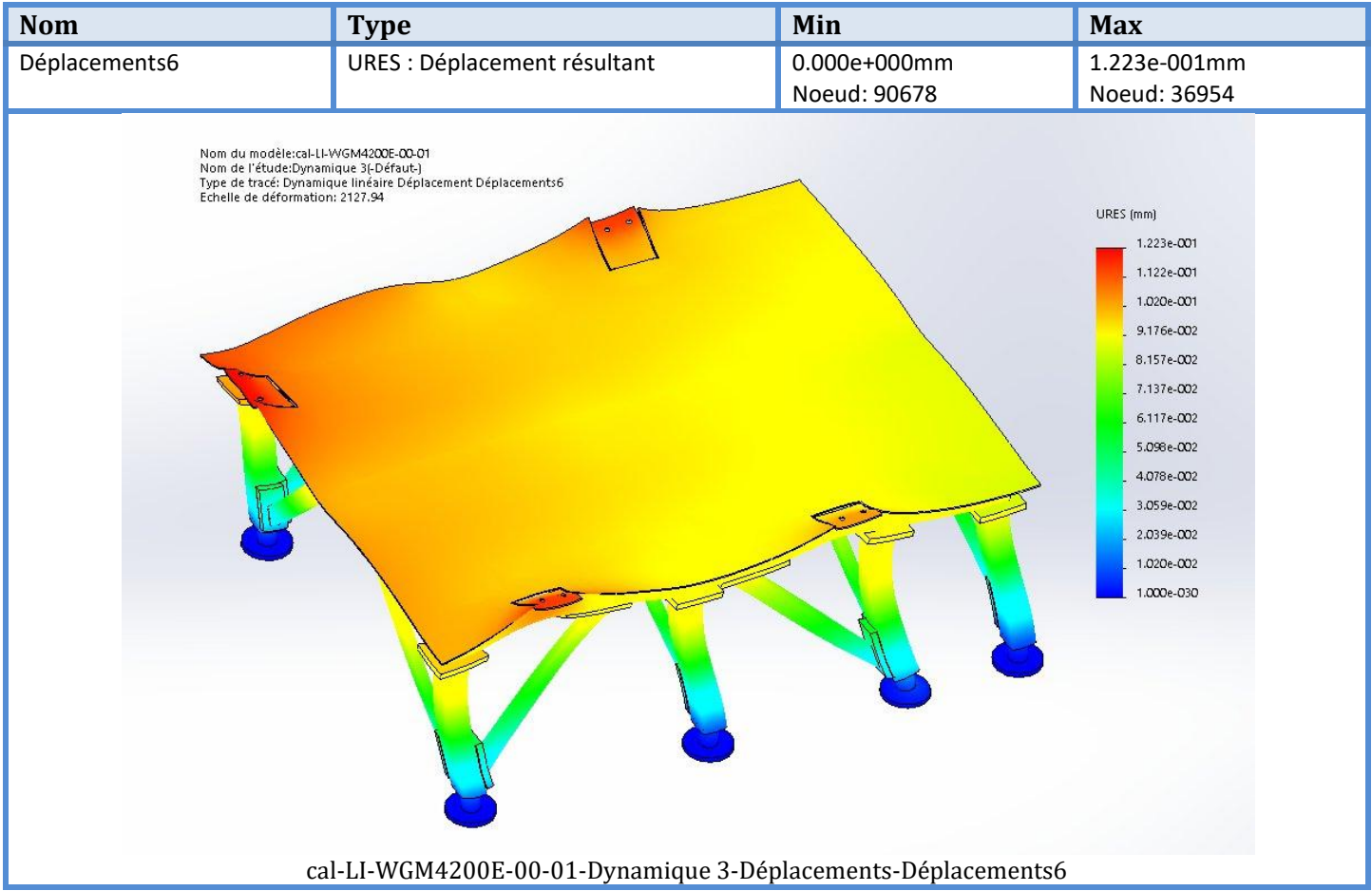


Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Chargement/Masse à distance (connexion rigide)-1		Entités: 6 face(s) Type: Chargement/Masse (connexion rigide) Système de coordonnées: 3000 Kg Force Valeurs: ---, ---, -3000 kgf Masse à distance: 3000 kg Composants transférés: Force
Excitation de la base-1		Type: Accélération Translation: 5.4, ---, --- Unités: mm Angle de phase: 0 Unités: deg
Excitation de la base-2		Type: Accélération Translation: ---, 5.4, --- Unités: mm Angle de phase: 0 Unités: deg

5.3.2 Résultats de l'étude



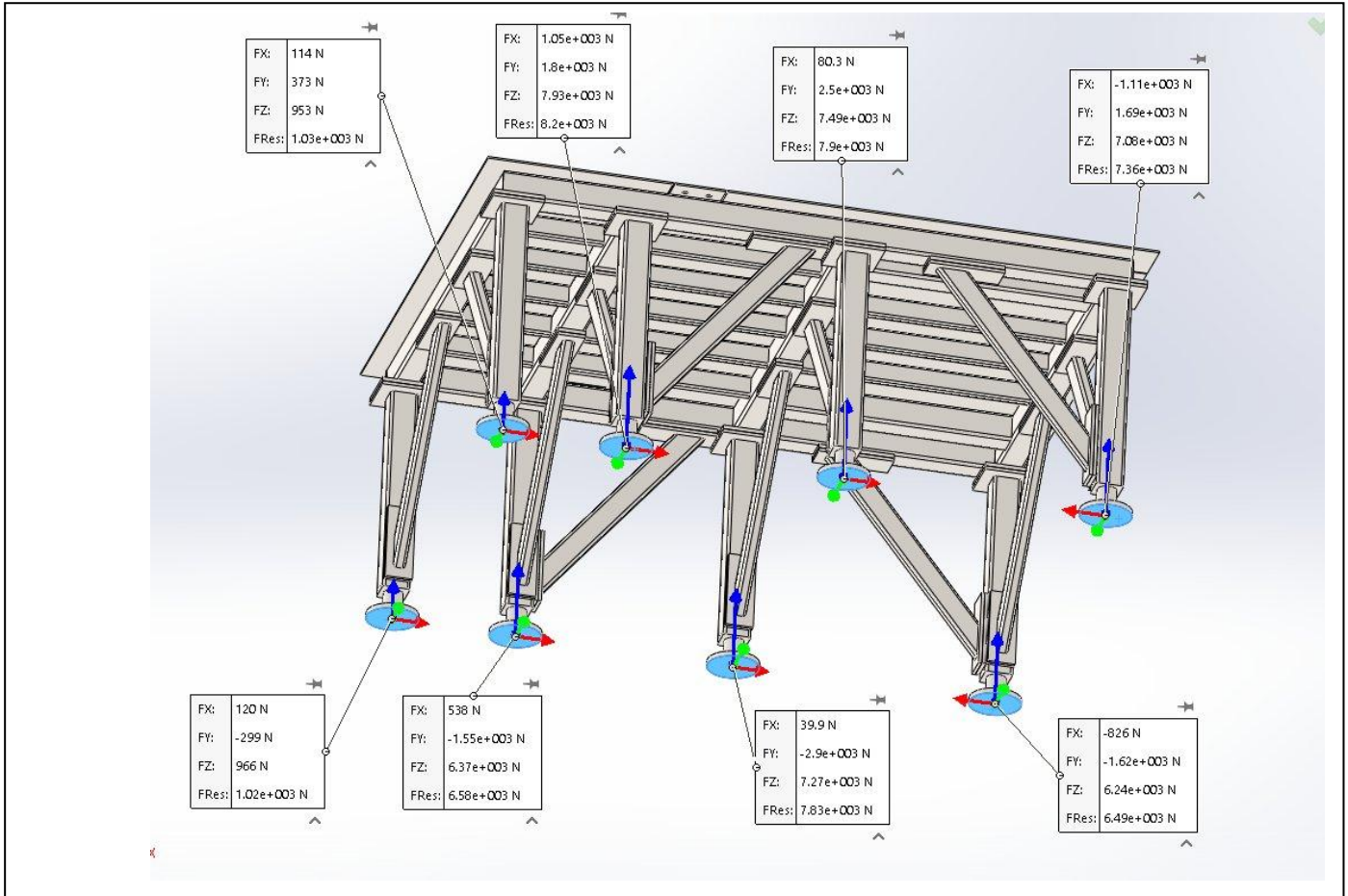




Participation massique (normalisée)

Mode No	Fréquence(Hertz)	Direction X	Direction Y	Direction Z
1	35.525	0.96174	0.0071288	0.00012988
2	40.431	0.0078801	0.94657	0.00010713
3	62.654	0.00016465	5.8306e-005	0.88298
4	175.9	0.0025694	0.0048343	0.00064831
5	209.71	0.0079947	0.0031044	0.0024031
		Somme X = 0.98034	Somme Y = 0.9617	Somme Z = 0.88627

### 5.3.3 Forces résultantes SEISME



### 5.3.4. Déplacements

La flèche est égale :  
**0.12** mm pour le châssis

### 5.3.5. Contraintes

Les contraintes maximales sont :

- Contrainte Von Mises :

$$\sigma_{\max} = \mathbf{115} \text{ MPa}$$

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

## 6. 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



## 7. VERIFICATION DES ANCRAGES




**www.hilti.fr**

Société:	heyman SASU
Prescripteur:	
Adresse:	
Tel / Fax:	
E-mail:	

Page: 1  
 Projet: Chassis W-GM-4200E  
 Sous projet | Pos. N°:  
 Date: 02/01/2020

**Commentaire du prescripteur:**

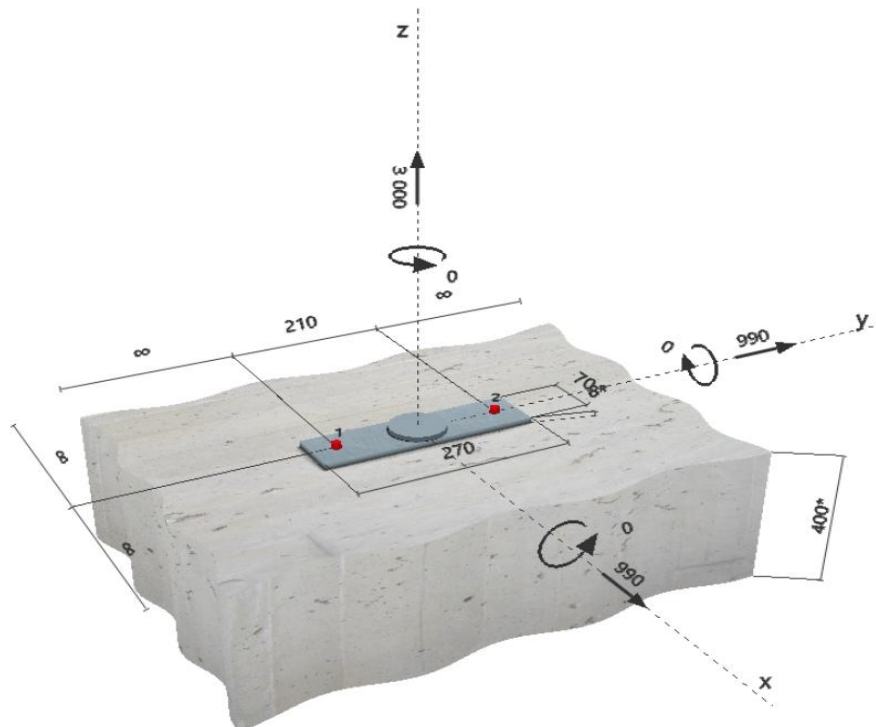
## 1 Données d'entrée

Type et taille de cheville:	HST3 M12 hef2	
Return period (service life in years):	50	
Profondeur d'implantation effective:	$h_{ef} = 70 \text{ mm}$ , $h_{nom} = 80 \text{ mm}$	
Matériau:		
Homologation:	ETA-98/0001	
Délivré l Validité:	13/07/2020   -	
Méthode de calcul:	Méthode de calcul ETAG (ETAG 001, Annexe C/2010)	
Montage avec écartement:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (sans écartement); $t = 8 \text{ mm}$	
Platine:	$l_x \times l_y \times t = 70 \text{ mm} \times 270 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ; (Epaisseur de platine recommandée: non calculé)	
Profil:	Cylindre, 70; $(L \times W \times T) = 70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$	
Matériau de base:	Béton fissuré béton, C30/37, $f_{c,cube} = 37,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 400 \text{ mm}$	
Installation:	<b>trou foré avec perforateur, condition d'installation: sec</b>	
Renforcement:	Pas de renforcement ou distance entre armatures $\geq 150 \text{ mm}$ (tous $\varnothing$ ) ou $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ )	
	Pas de renforcement de bord longitudinal	



<sup>R</sup> - Le calcul de la cheville se base sur l'hypothèse d'une platine rigide.

### Géométrie [mm] & Charges [daN, daNm]



Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!  
 PROFIS Chevilles (c) 2003-2009, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan





www.hilti.fr

Profis Anchor 2.9.4

Société: heyman SASU  
Prescripteur:  
Adresse:  
Tel | Fax: |  
E-mail:

Page: 2  
Projet: Chassis W-GM-4200E  
Sous projet | Pos. N°:  
Date: 02/01/2020

## 2 Preuve I Utilisation (Cas prépondérants)

		Valeurs de calcul [daN]		Utilisation		
Charge	Méthode de calcul	Charge	Capacité	$\beta_N / \beta_V$ [%]	Statut	
Traction	Rupture par extraction/glisement	1 500,0	1 622,1	93 / -	OK	
Cisaillement	Rupture acier (sans bras de levier)	700,0	2 832,0	- / 25	OK	
Charge		$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
Charges combinées traction et cisaillement		0,925	0,247	1,0	98	OK

## 3 Avertissements

- Pour plus de détails, messages ou avertissements, se reporter à la note de calcul détaillée!

**La fixation remplit les critères de conception !**

## 4 Remarques, commentaires

- Toutes les informations et toutes les données contenues dans le Logiciel ne concernent que l'utilisation des produits Hilti et sont basées sur des principes, des formules et des réglementations de sécurité conformes aux consignes techniques d'Hilti et sur des instructions d'opération, de montage, d'assemblage, etc., que l'utilisateur doit suivre à la lettre. Tous les chiffres qui y figurent sont des moyennes ; en conséquence, des tests d'utilisation spécifiques doivent être conduits avant l'utilisation du produit Hilti applicable. Les résultats des calculs exécutés au moyen du Logiciel reposent essentiellement sur les données que vous y saisissez. En conséquence, vous êtes seul responsable de l'absence d'erreurs, de l'exhaustivité et de la pertinence des données saisies par vos soins. En outre, vous êtes seul responsable de la vérification des résultats du calcul et de leur validation par un expert, particulièrement en ce qui concerne le respect des normes et permis applicables avant leur utilisation pour votre site en particulier. Le Logiciel ne sert que d'aide à l'interprétation des normes et des permis sans aucune garantie concernant l'absence d'erreurs, l'exactitude et la pertinence des résultats ou leur adaptation à une application spécifique.
- Vous devrez prendre toutes les mesures nécessaires et raisonnables pour empêcher ou limiter les dommages causés par le Logiciel. Plus particulièrement, vous devez prendre vos dispositions pour effectuer régulièrement une sauvegarde des programmes et des données et, si applicable, exécuter les mises à jour régulièrement fournies par Hilti. Si vous n'utilisez pas la fonction AutoUpdate du Logiciel, vous devez vous assurer que vous utilisez dans chaque cas la version actuelle et à jour du Logiciel, en exécutant des mises à jour manuelles via le Site Web Hilti. Hilti ne sera tenu responsable d'aucune conséquence, telle que la nécessité de récupérer des besoins ou programmes perdus ou endommagés, découlant d'un manquement coupable de votre part à vos obligations.

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!  
PROFIS Chevilles (c) 2003-2009, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

## Annexe Données W-GM-4200E



[Weight Per Level Pad]  
Machine Weight: 3,000kg / Level Pad: 6 pcs = 500kg

