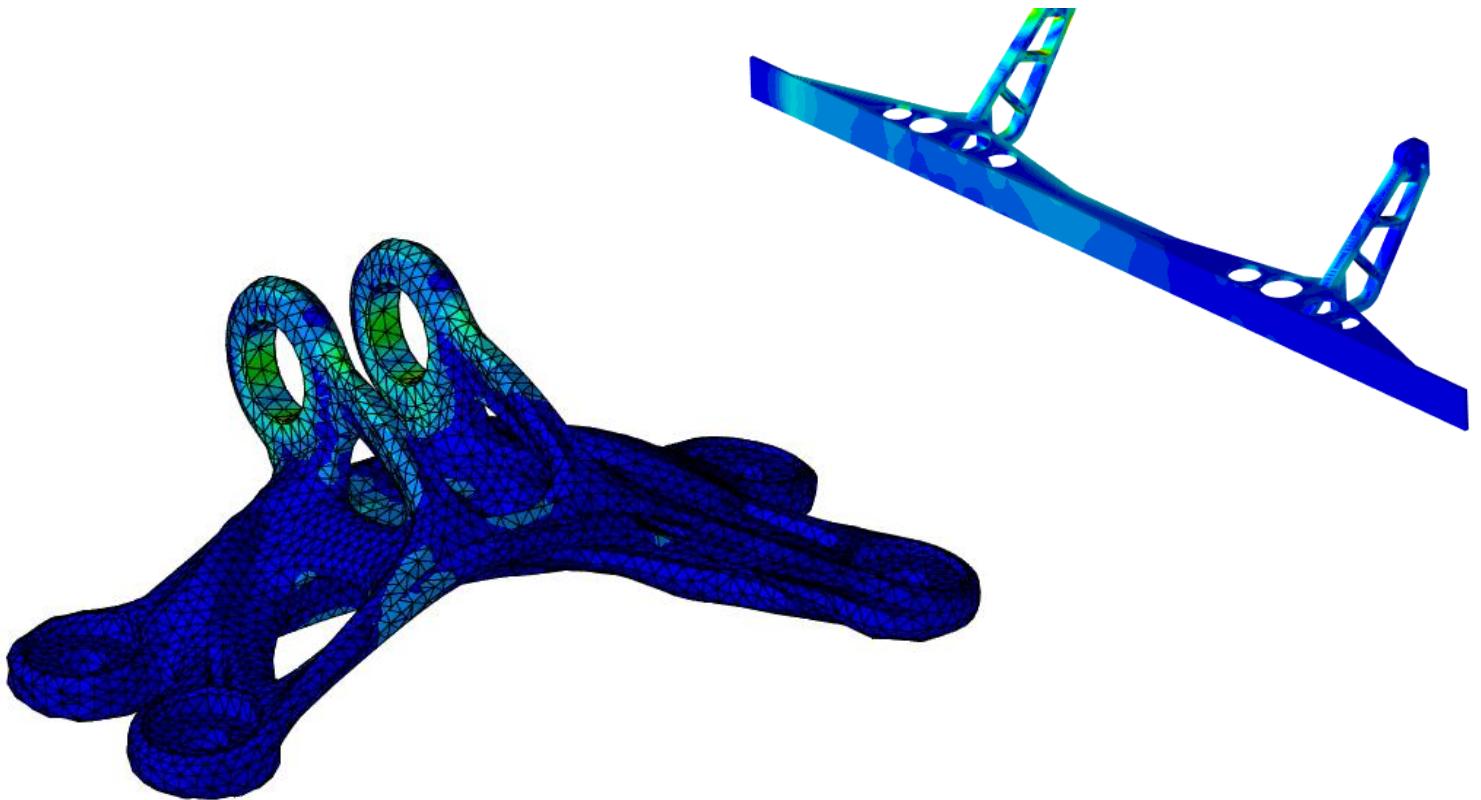


Tutoriel

TopSolid'FEA

Volumique



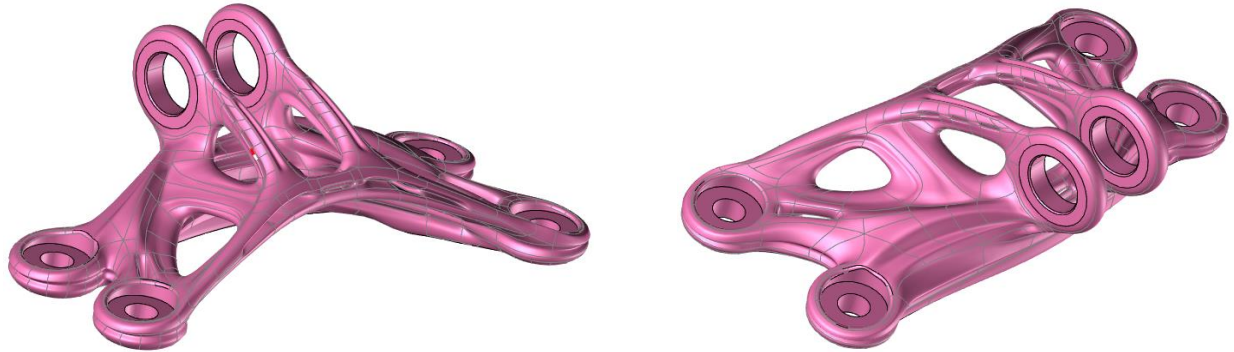
Sommaire

CALCUL VOLUMIQUE – PIECE AVION	1
PREPARATION D'ANALYSE.....	2
<i>Création d'un fichier préparation d'analyse.....</i>	<i>2</i>
<i>Insertion de la pièce dans le fichier</i>	<i>2</i>
<i>Création d'une analyse.....</i>	<i>2</i>
DEFINITION DU CHARGEMENT	3
<i>Création d'un effort surfacique uniforme.....</i>	<i>3</i>
DEFINITION DES BLOCAGES	4
<i>Création des encastrements.....</i>	<i>4</i>
DEFINITION DU MATERIAU	5
<i>Création d'un matériau</i>	<i>5</i>
<i>Choix du matériau</i>	<i>5</i>
MAILLAGE DE LA PIECE.....	6
<i>Configuration du maillage.....</i>	<i>6</i>
<i>Influence du maillage.....</i>	<i>6</i>
VERIFICATION DU MAILLAGE	7
<i>Qualité de maillage</i>	<i>7</i>
<i>Vérification du maillage</i>	<i>7</i>
<i>a) Exploitation des résultats</i>	<i>8</i>
<i>Visualisation</i>	<i>8</i>
<i>Visualisation de la déformation</i>	<i>8</i>
<i>Déplacement</i>	<i>8</i>
<i>Contraintes.....</i>	<i>9</i>
<i>Visualisation des résultats déjà calculés</i>	<i>9</i>
CALCUL VOLUMIQUE – PARE-CHOC DE CAMION.....	10
I. PROCESSUS DE CALCUL.....	10
<i>Import et Simplification de la pièce.....</i>	<i>11</i>
CREATION DU FICHIER PREPARATION D'ANALYSE	12
<i>Création d'un fichier préparation d'analyse.....</i>	<i>12</i>
<i>Insertion de la pièce dans le fichier</i>	<i>12</i>
<i>Création d'une analyse.....</i>	<i>12</i>
DEFINITION DU CHARGEMENT	13
<i>Création d'une zone</i>	<i>13</i>
<i>Impression de l'esquisse sur la pièce</i>	<i>13</i>
<i>Création d'un effort.....</i>	<i>13</i>
DEFINITION DES BLOCAGES	14
<i>Création des encastrements.....</i>	<i>14</i>
DEFINITION DU MATERIAU	15
<i>Choix du matériau</i>	<i>15</i>
MAILLAGE DE LA PIECE.....	15
<i>Configuration du maillage.....</i>	<i>15</i>
VERIFICATION DU MAILLAGE	16
<i>Qualité de maillage</i>	<i>16</i>
AMELIORATION DU MAILLAGE	17
<i>Simplification.....</i>	<i>17</i>
<i>Suppression des congés.....</i>	<i>17</i>
<i>Raffinement du maillage global</i>	<i>18</i>
<i>Raffinement du maillage local (Taille locale)</i>	<i>18</i>
EXPLOITATION DES RESULTATS.....	20
<i>Visualisation</i>	<i>20</i>
<i>Flèches.....</i>	<i>20</i>
<i>Contraintes.....</i>	<i>21</i>
<i>Visualisation de la déformation</i>	<i>22</i>
<i>Exploitation des résultats</i>	<i>22</i>
CREATION D'UNE NOUVELLE ANALYSE	23
<i>Nouvelle analyse</i>	<i>23</i>

<i>Création d'une nouvelle zone et impression.....</i>	<i>23</i>
<i>Création d'un effort.....</i>	<i>23</i>
<i>Création des encastrements.....</i>	<i>24</i>

Calcul Volumique – Pièce Avion

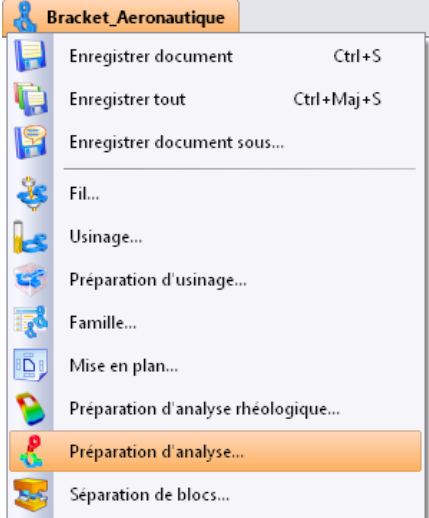
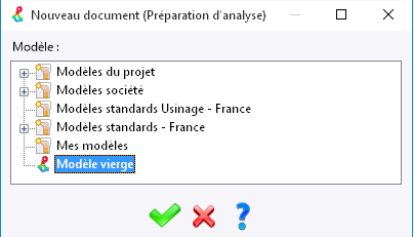
La pièce sur laquelle nous allons réaliser un calcul d'éléments finis est réalisée par impression 3D en titane. L'impression 3D permet de créer une géométrie très complexe. Le calcul sur cette pièce sera réalisé en mode volumique car il n'y a aucune possibilité de simplifier cette pièce en mode poutre ou coque.



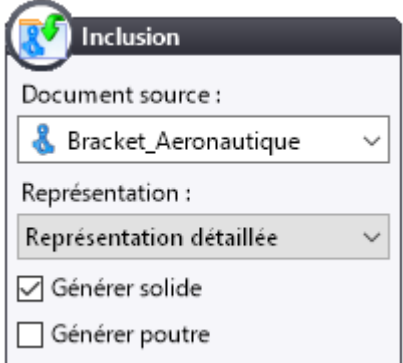
Cette pièce a été réalisée pour le domaine de l'aéronautique, l'objectif à la fin de cette partie de formation sera de valider ou non la conception de la pièce.

Préparation d'analyse

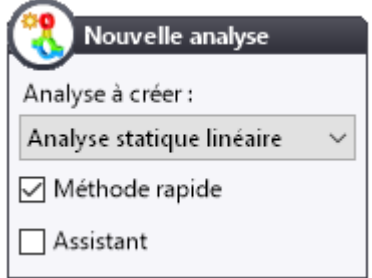
Création d'un fichier préparation d'analyse

	• Clic droit sur l'onglet <i>Bracket_Aeronautique</i> du fichier pièce. • Sélectionner Préparation d'analyse • Sélectionner Modèle vierge.  • Valider
---	---

Insertion de la pièce dans le fichier

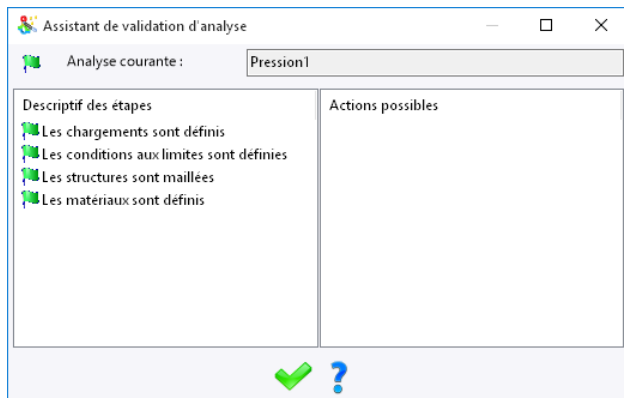
	<u>Document Source :</u> • Choisir la pièce Bracket_Aeronautique. <u>Représentation :</u> • Choisir Représentation détaillée. <u>Cocher uniquement :</u> • Générer solide. • Valider
--	--

Création d'une analyse

	<u>Analyse à créer :</u> • Sélectionner Analyse statique linéaire. • Cocher Méthode rapide. • Si vous n'avez jamais fait de calcul avec TopSolid cocher <i>Assistant</i>. • Valider
---	---

Le fichier préparation d'analyse est maintenant prêt.

Objectif du fichier préparation d'analyse : Remplir les 4 étapes suivantes :



L'assistant permet de vérifier si les étapes sont bien effectuées afin de pouvoir lancer une analyse.

- ✓ Les chargements sur la pièce
- ✓ Les blocages sur les pièces
- ✓ Les matériaux
- ✓ Le maillage

Avec l'entraînement et l'habitude il ne sera plus nécessaire de passer par l'assistant mais il faudra toutefois garder une certaine rigueur dans la préparation de l'analyse.

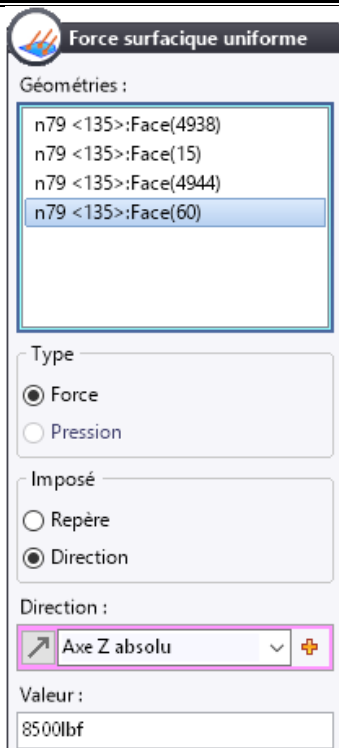
Définition du chargement



Ces icônes permettent de créer des chargements sur la pièce.

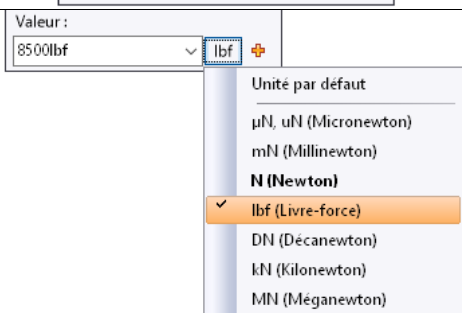
- Sélectionner Force surfacique.

Création d'un effort surfacique uniforme



Géométries :

- Sélectionner l'intérieur des perçages sur lesquels on souhaite exercer un effort.



Valeur:

- 8500 lbf

Il est possible de choisir l'unité voulue en la sélectionnant dans le volet déroulant.

- Valider

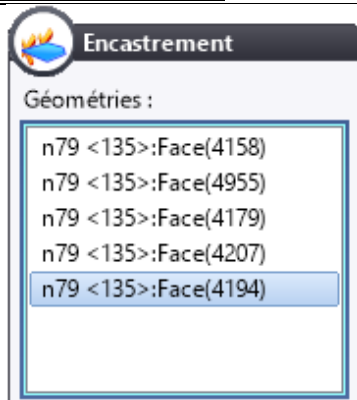
Définition des blocages



Ces icônes permettent de créer des blocages sur la pièce.

- Sélectionner Encastrement.

Création des encastrements



Géométries:

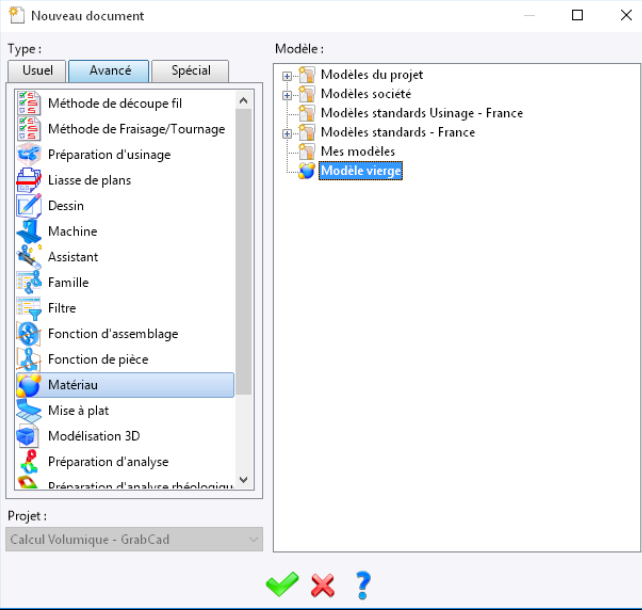
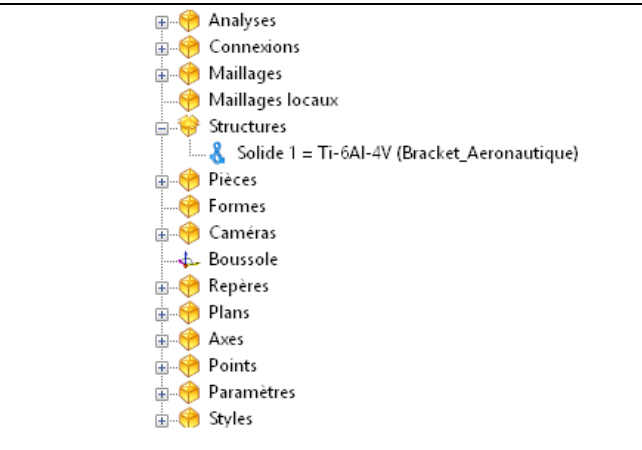
- Sélectionner les 4 trous de passages de vis.



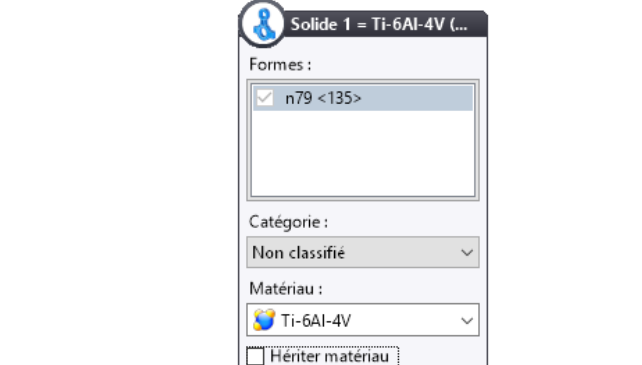
- Valider

Définition du matériau

Création d'un matériau

	- Créer un Nouveau document Dans <i>Nouveau document</i>, onglet <i>Avancé</i>, sélectionner <i>Matériau</i>. <u>Caractéristiques Matériau à renseigner :</u> <u>Désignation :</u> <i>Ti-4Al-4V</i> <u>Masse Volumique :</u> <i>4.43g/cm3</i> <u>Module d'Young :</u> <i>114MPa</i> <u>Coefficient Poisson :</u> <i>0.342</i> <u>Limite d'élasticité :</u> <i>824MPa_[F1]</i> - Enregistrer et Fermer
	Dans l'onglet <i>Entités</i>, Ouvrir le dossier <i>Structure</i>. <i>Solide 1</i> → <i>Clic droit</i>. Editer.

Choix du matériau

	<u>Décocher :</u> - Hériter matériau <u>Catégorie:</u> - Non Classifié <u>Matériau:</u> - Ti-4Al-4V
---	--

Maillage de la pièce

	Dans l'onglet <i>Maillage</i>, Sélectionner Mailler Solide.
---	--

Configuration du maillage

	<u>Méthode de maillage :</u> - Choisir Automatique. <u>Taille de cible:</u> Partie très importante dans le calcul, dans cette étape nous allons définir la taille des mailles qui vont composer la pièce. - Choisir 2mm - Valider
---	---

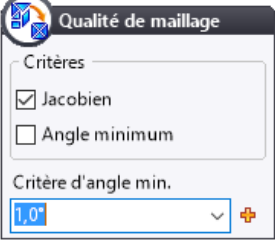
Influence du maillage

Type de maillage	Qualité du Résultat	Temps de calcul
Grossier	Non Précis	Rapide
Fin	Précis	Long

Vérification du maillage

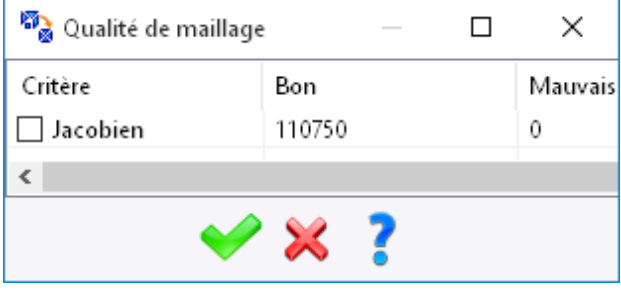
 Maillage  Esquisse 2D     	Sélectionner l'icône <i>Qualité de maillage</i>.
---	--

Qualité de maillage

	<u>Cocher uniquement :</u> - Jacobien <u>Critère d'angle min :</u> Laisser la valeur par défaut. - Valider
---	--

Cette étape permet de vérifier les mailles « Bon » et « Mauvais » dans la pièce, il est impératif d'avoir toutes les mailles « Bon » avant de lancer le calcul. Un échec du maillage ou de l'analyse peut-être dû à la présence de mauvaises mailles.

Vérification du maillage

	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Critère</th> <th>Bon</th> <th>Mauvais</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐ Jacobien</td> <td>110750</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <   	Critère	Bon	Mauvais	☐ Jacobien	110750	0
Critère	Bon	Mauvais					
☐ Jacobien	110750	0					

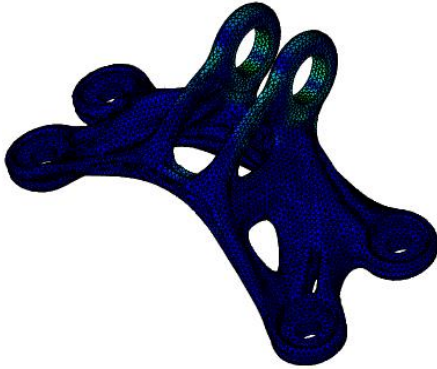
Le maillage est Validé.

- Lancer la résolution d'analyse .

a) Exploitation des résultats

Important : Sauvegarder

Visualisation



Si Maillage trop dense :

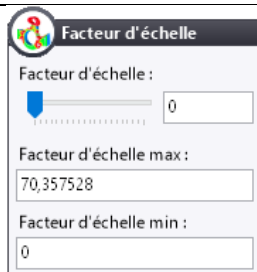
- Dans l'onglet Visualisation :
Rendus / Rendus ombrés / Rendus ombré[F2]

Visualisation de la déformation



Dans l'onglet *Résultats*,

- Sélectionner Facteur d'échelle



Facteur d'échelle :

Jouer avec le curseur bleu pour visualiser la déformation de la pièce.

- Valider

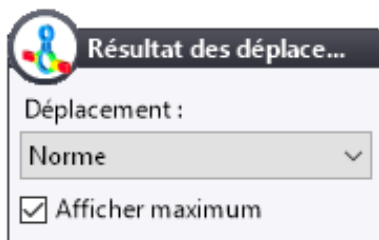
Déplacement



Obtention du déplacement:

Dans l'onglet *Résultats*,

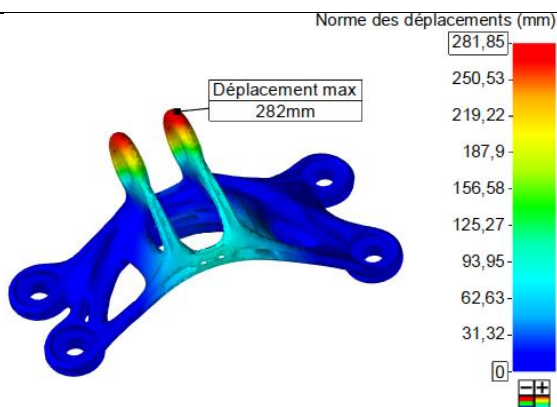
- Sélectionner Résultats des déplacements



Résultats des déplacements :

Déplacement :

- Choisir *Norme*
- Cocher Afficher maximum
- Valider

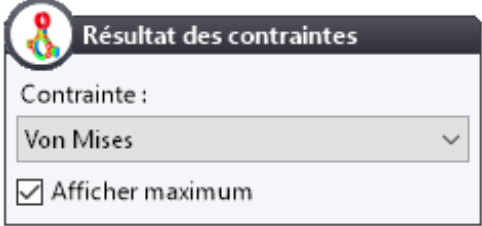
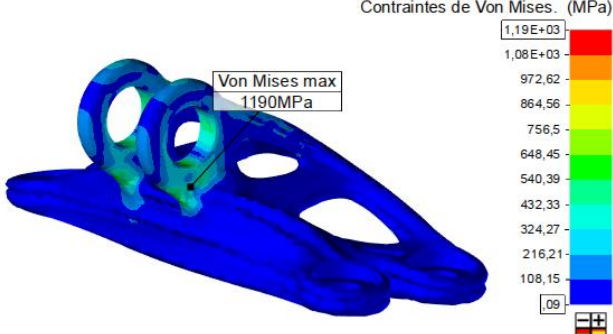


Résultats :

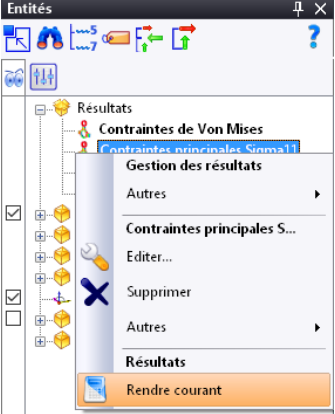
Normes des déplacements

Couleur Rouge → Déplacement Max
Couleur Bleue → Déplacement Min

Contraintes

	Obtention de la Contrainte : Dans l'onglet <i>Résultats</i>, Sélectionner Résultat des contraintes
	Résultat des contraintes : <u>Contrainte :</u> - Choisir Von Mises - Cocher Afficher Maximum - Valider
	Résultats : <i>Contraintes de Von Mises</i> Couleur Rouge → <i>Contrainte Max</i> Couleur Bleue → <i>Contrainte Min</i>

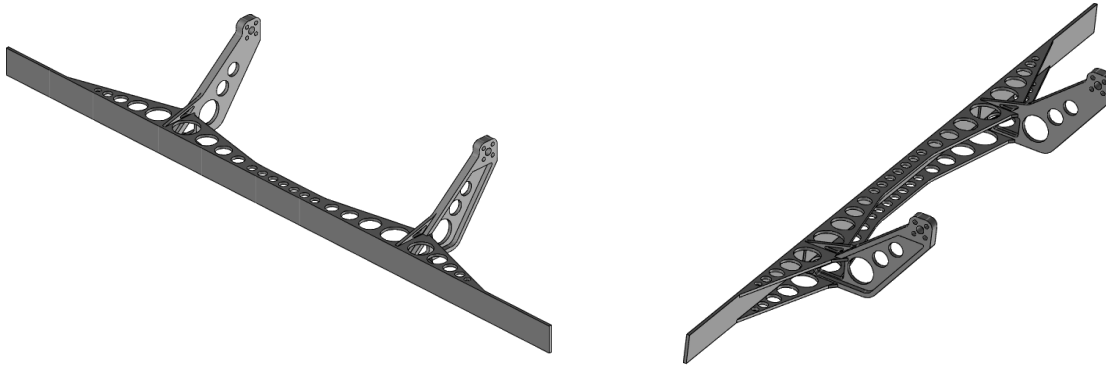
Visualisation des résultats déjà calculés

	Dans l'onglet <i>Entités / Résultats</i> - Clic droit sur le résultat souhaité, - Sélectionner Rendre courant
---	---

Calcul Volumique – Pare-chocs de camion

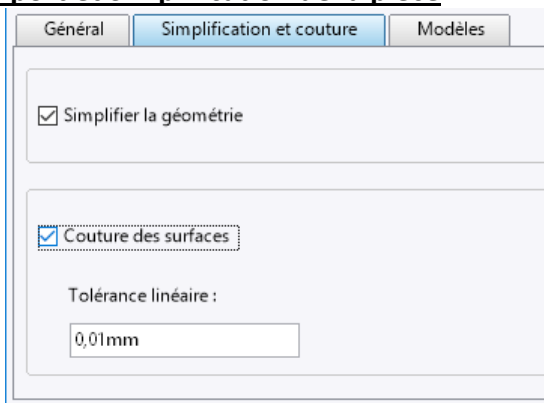
I. Processus de calcul

Sur l'arrière des camions, il y a un pare-chocs évitant, en cas d'accident, que les voitures viennent s'encastrer sous le camion. Cette protection doit respecter différents cas de charges afin d'assurer son bon fonctionnement en cas d'accident.



Nous allons calculer la pièce ci-dessus en mode volumique. Avant de réaliser une analyse il est nécessaire de réaliser une préparation d'analyse. C'est une étape de pré-analyse qui permet de configurer la pièce dans les conditions réelles et de poser les différentes conditions limites.^[JP3] Une méthode alternative serait de calculer le pare-chocs en mode coque (cf manuel FEA Poutres & Coques)

Import et Simplification de la pièce



- Clic droit sur le dossier  Calcul Volumique,

Import/Export

Importer fichier avec conversion

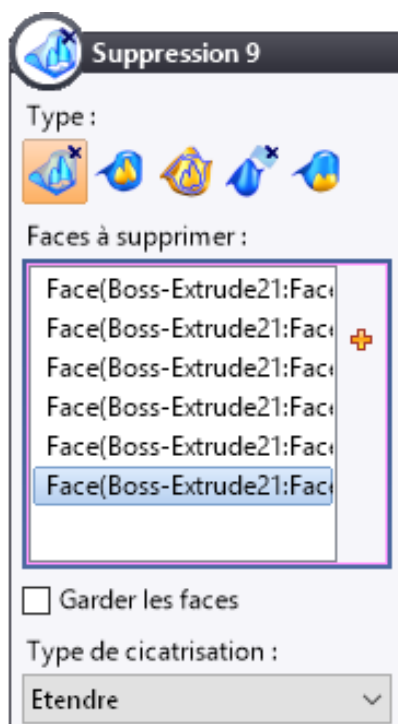
- Choisir le fichier

Dans Simplification et Couture,

Cocher Simplifier la géométrie

Cocher Couture des surfaces

- Valider



Dans l'onglet *Surface*,

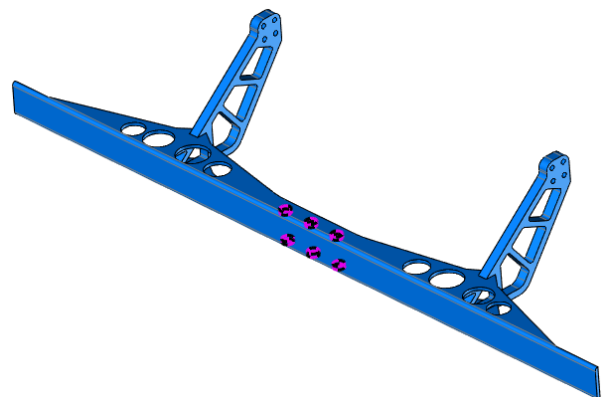
- Sélectionner l'icône *suppression* ,

Type :

Faces

Faces à supprimer :

Sélectionner les 6 trous suivants :



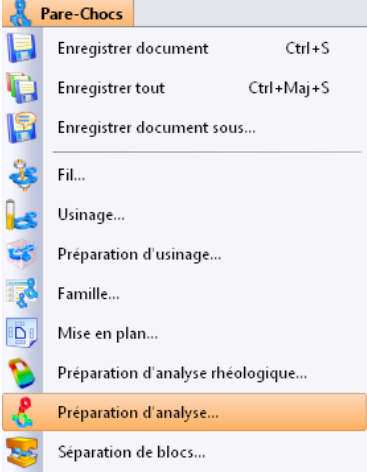
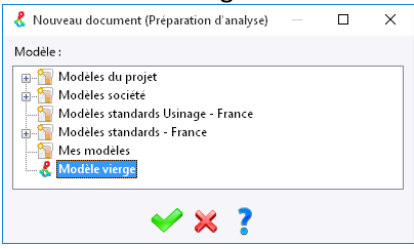
Type de cicatrisation :

Etendre

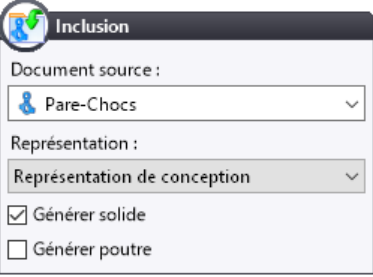
- Valider

Création du fichier préparation d'analyse

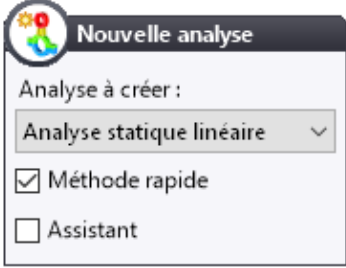
Création d'un fichier préparation d'analyse

	• Clic droit sur l'onglet <i>Pare-Chocs</i> du fichier pièce. • Sélectionner Préparation d'analyse • Sélectionner Modèle vierge.  • Valider
---	---

Insertion de la pièce dans le fichier

	Document Source : • Choisir la pièce <i>Pare-Chocs</i>. Représentation : • Choisir Représentation de conception. Cocher uniquement : • Générer solide. • Valider
--	---

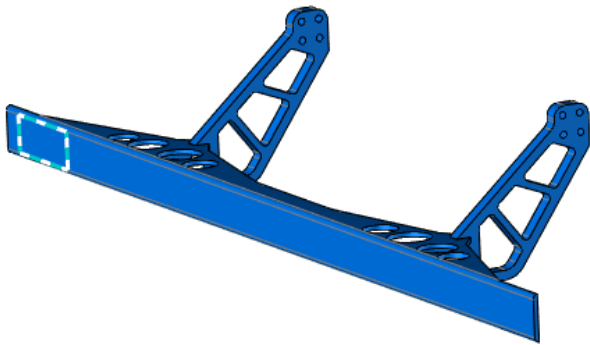
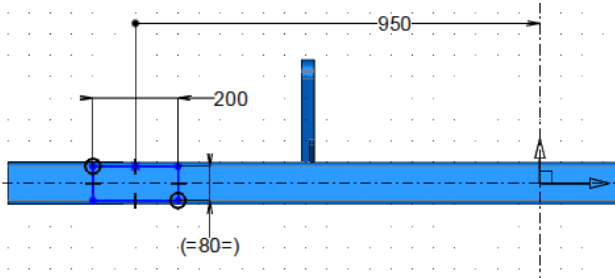
Création d'une analyse

	Analyse à créer : • Sélectionner Analyse statique linéaire. • Cocher Méthode rapide. Si vous n'avez jamais fait de calcul avec TopSolid cocher <i>Assistant</i>. • Valider
---	--

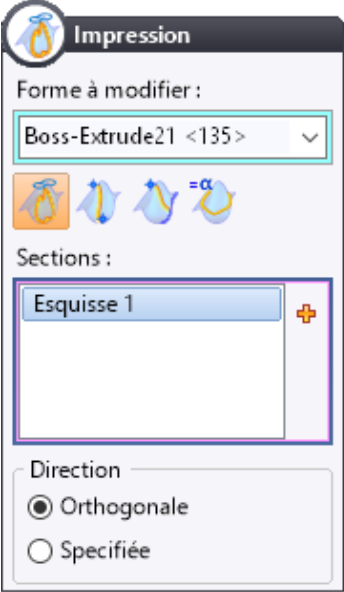
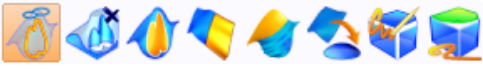
Le fichier préparation d'analyse est maintenant prêt.

Définition du chargement

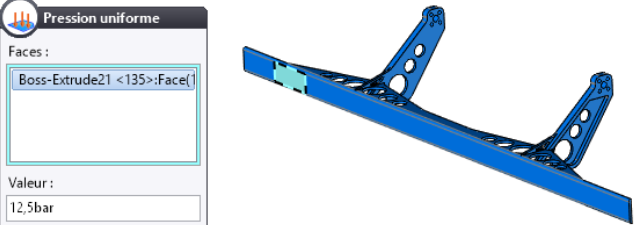
Création d'une zone

	Créer une esquisse sur la face avant du pare-chocs. 
---	--

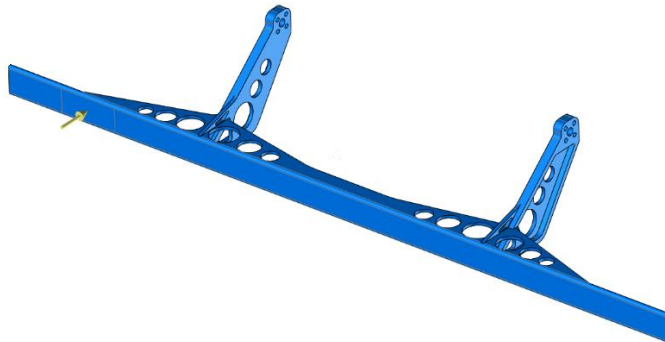
Impression de l'esquisse sur la pièce

	Dans l'onglet <i>Surface</i>, - Sélectionner Impression  Forme à modifier : - Sélectionner le <i>Pare-Chocs</i> Sections : - Choisir l'esquisse créée Direction : - Orthogonale - Valider
--	---

Création d'un effort

	Ces icones permettent de créer des chargements sur la pièce. Sélectionner Pression uniforme.
	Faces : - Sélectionner la face sur laquelle on souhaite exercer un effort. - Choisir la face précédemment créée.

Valeur : 12,5bar Unité par défaut - Pa (Pascal) - lb/ft2, psf (Livre par pied carré) - hPa (Hectopascal) - kPa (Kilopascal) - lb/in2, psi (Livre par pouce carré) bar (Bar) - at (Atmosphère) MPa (Megapascal) - kip/in2, ksi (Kilolivre par pouce carré) - GPa (Gigapascal)	Valeur: 12.5bar Il est possible de choisir l'unité voulue en la sélectionnant dans le volet déroulant. • Valider
---	--



L'effort créé est signalé par une flèche jaune.

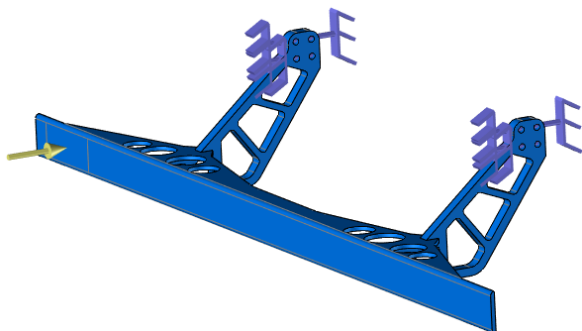
Définition des blocages

	Ces icones permettent de créer des blocages sur la pièce. • Sélectionner Encastrement.
--	---

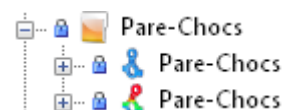
Création des encastrements

	Géométries: • Sélectionner les 8 perçages. • Valider
--	---

Après avoir défini les encastrements et les chargements nous avons à l'écran :

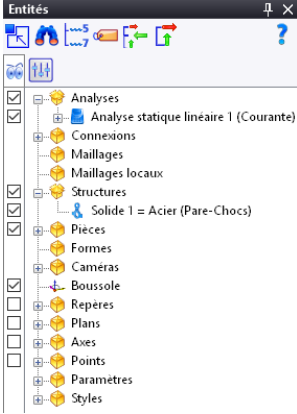
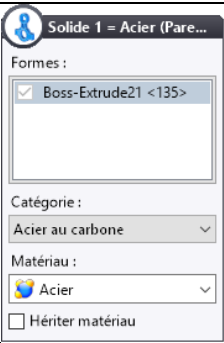


Dans l'arborescence de notre projet nous avons le fichier pièce avec le document de préparation d'analyse :



Définition du matériau

Choix du matériau

	Dans l'onglet <i>Entités</i>, Ouvrir le dossier <i>Structure</i>, <i>Solide 1</i> → <i>Clic droit</i>. • Editer.
	Décocher <i>Hériter du matériau</i>. Catégorie : • Choisir la famille du matériau. Matériau : • Choisir le matériau. • Valider

Maillage de la pièce

Configuration du maillage

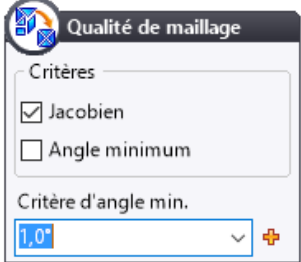
	Dans l'onglet <i>Maillage</i>, • Sélectionner Mailler Solide.
	Méthode de maillage : • Choisir Face par face. Taille de cible / Taille minimale : Partie très importante dans le calcul, dans cette étape nous allons définir la taille des mailles qui vont composer la pièce. Taille cible : • 40mm Taille minimale : • 20mm • Valider

Type de maillage	Qualité du Résultat	Temps de calcul
Grossier	Non Précis	Rapide

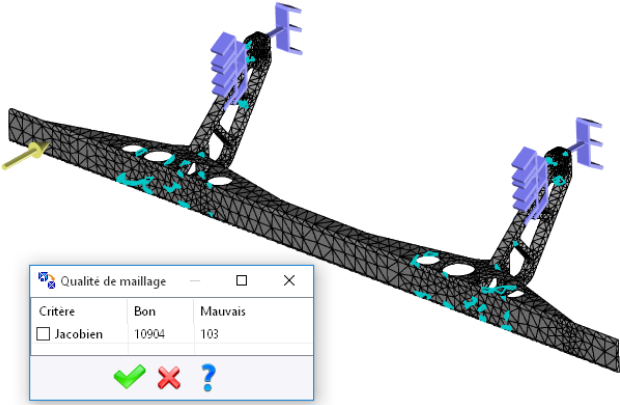
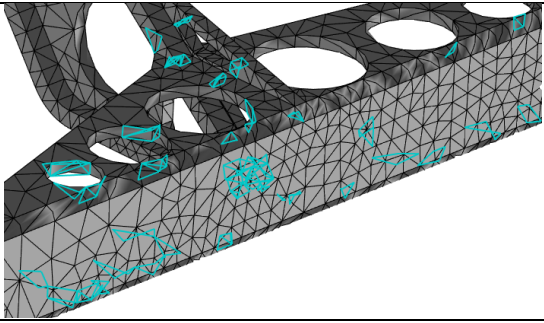
Fin	Précis	Long
-----	--------	------

Vérification du maillage

Qualité de maillage

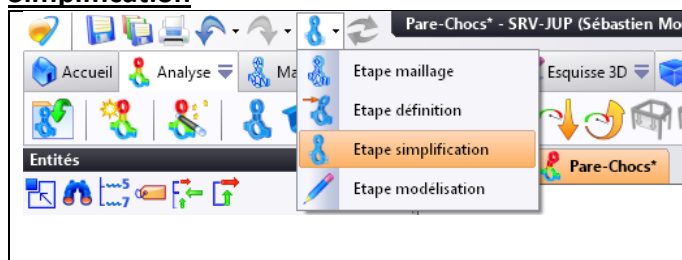
	Sélectionner l'icône <i>Qualité de maillage</i>.
	Cocher uniquement : - Choisir Jacobien Critère d'angle min : Laisser la valeur par défaut. - Valider

Cette étape permet de vérifier les mailles « Bon » et « Mauvais » dans la pièce, il est impératif d'avoir toutes les mailles « Bon » avant de lancer le calcul.

	Dans le cas si présent nous avons 103 mailles incorrectes, il est nécessaire de simplifier la pièce et raffiner le maillage localement. Les mailles incorrectes sont représentées en bleu sur la pièce.
	Les mailles incorrectes sont représentées en bleu sur la pièce. Une partie des mailles incorrectes sont présentes sur les congés.
Une pièce non simplifiée peut être une source d'échec sur un maillage. Il est important de simplifier les géométries d'une pièce qui ont peu d'importances pour le calcul. La simplification permet également d'accélérer le temps de calcul.	

Amélioration du maillage

Simplification



L'onglet déroulant permet de revenir pas à pas dans les étapes de l'analyse.

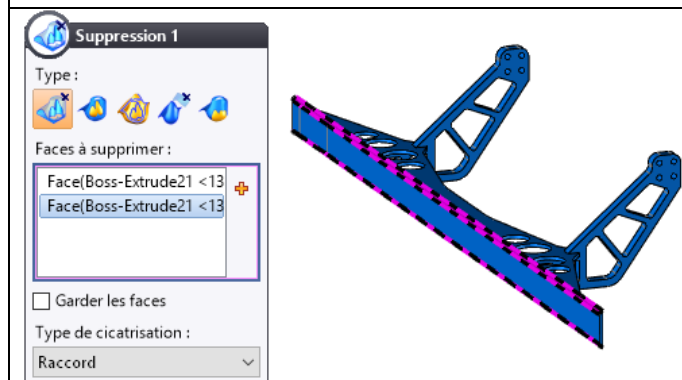
- Sélectionner Etape simplification.

Suppression des congés



Dans l'onglet *Surface*,

- Sélectionner Suppression.



Type :

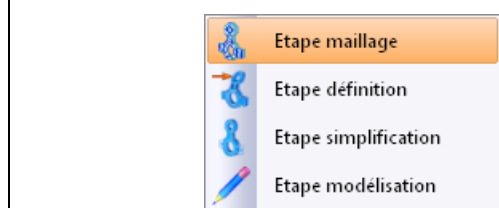
- Faces

Faces à supprimer :

- Sélectionner les congés.

Type de cicatrisation :

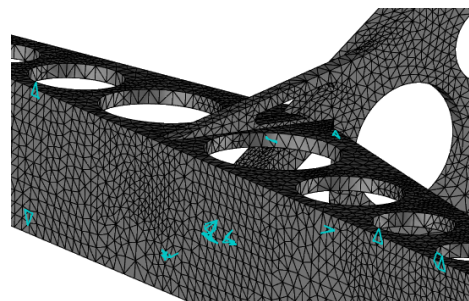
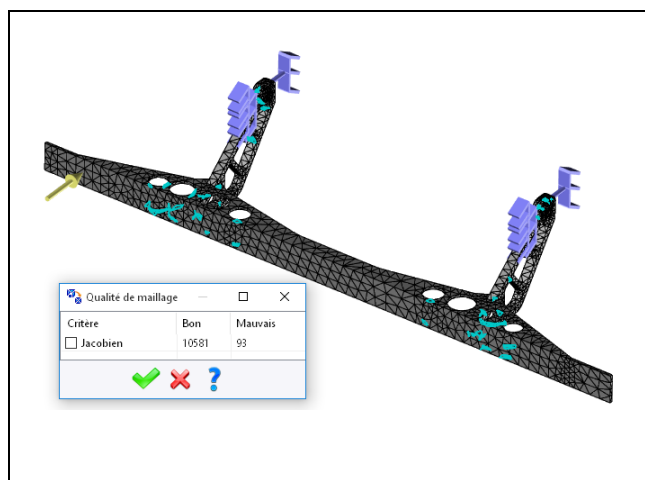
- Choisir Raccord.
- Valider



Mise à jour :

- Retourner dans le choix des étapes et sélectionner *Etape maillage*.
- Lancer une *mise à jour* .

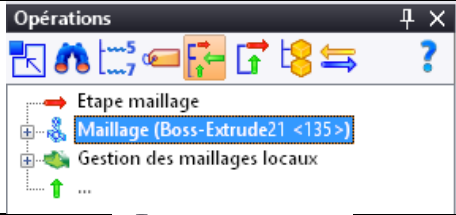
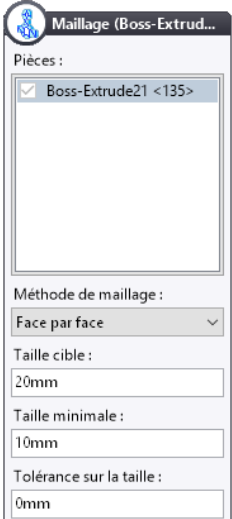
Sélectionner l'icône *Qualité de maillage* .



Le maillage s'est amélioré, il y a moins de mauvaises mailles.

A chaque amélioration apportée, il peut être judicieux de lancer une *Qualité de maillage* pour vérifier l'avancement.

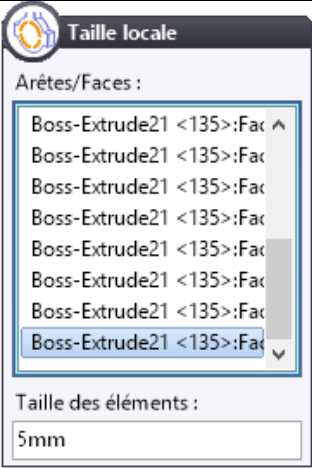
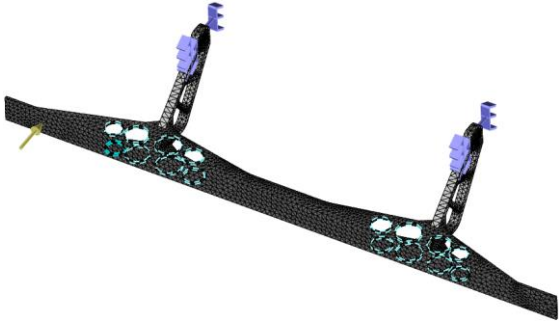
Raffinement du maillage global

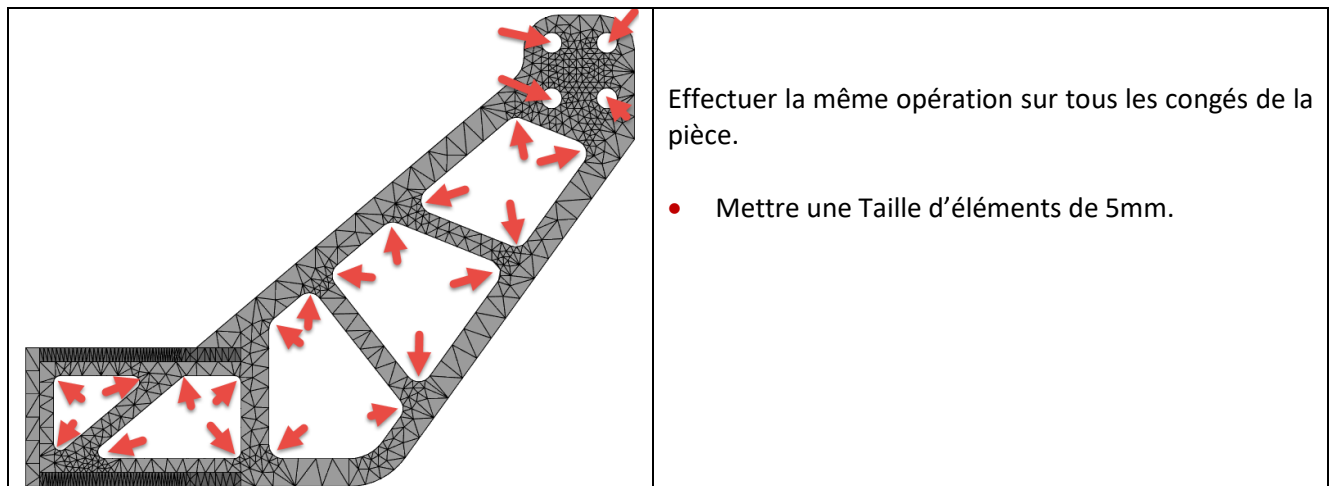
	Dans l'onglet <i>Opérations</i>, • Clic droit sur <i>Maillage</i>. • Editer.
	Méthode de maillage : • Choisir Face par face Taille cible : • 20mm Taille minimale : • 10mm • Valider • Lancer la Mise à Jour 

Lancer la *Qualité de maillage*. Nous pouvons constater une grande amélioration sur le maillage, cependant il reste quelques mailles incorrectes.

Améliorer d'avantage le maillage global augmenterait considérablement le temps de calcul, nous allons donc raffiner le maillage localement.

Raffinement du maillage local (Taille locale)

	Dans l'onglet <i>Maillage</i>, • Sélectionner Taille Locale.
	Arêtes/Faces : • Sélectionner comme sur les images ci-dessous les faces intérieures des trous.  Taille des éléments : • 5mm • Valider



- Lancer *Qualité du maillage* pour constater l'amélioration du maillage grâce au raffinement local.

Qualité de maillage		
Critère	Bon	Mauvais
☐ Jacobien	77668	0

Le maillage est validé, il ne reste plus qu'à lancer la résolution.

Dans l'onglet *Analyse*,

- Sélectionner *Résolution*.

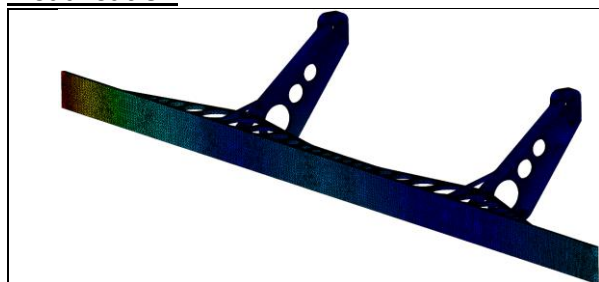


Cela peut prendre quelques secondes du fait des petites mailles dans les trous.

Exploitation des résultats

Important : Sauvegarder

Visualisation



Maillage trop dense :

Dans l'onglet *Visualisation* :

Rendus / Rendus ombrés / Rendus ombrés [F4]

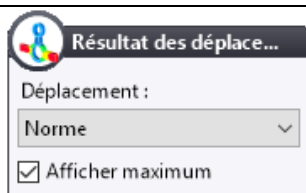
Flèches



Obtention de la Flèche :

Dans l'onglet *Résultats*,

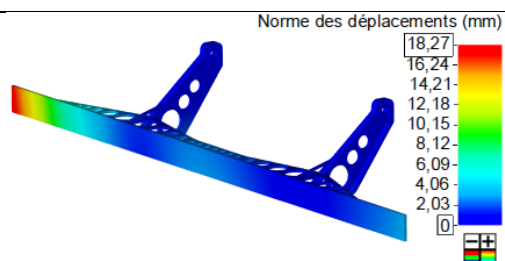
- Sélectionner Résultats des déplacements



Résultats des déplacements :

Déplacement :

- Choisir *Norme*
- Cocher Afficher maximum
- Valider



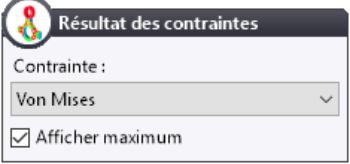
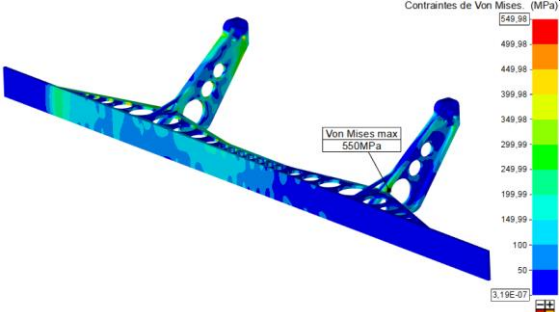
Résultats :

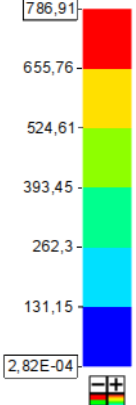
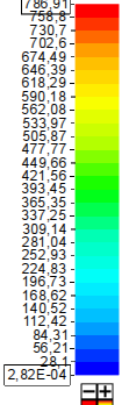
Normes des déplacements

Couleur Rouge → *Déplacement Max*

Couleur Bleue → *Déplacement Min*

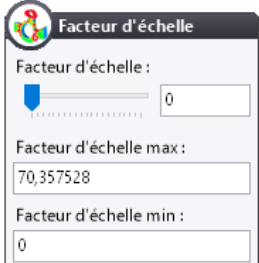
Contraintes

	Obtention de la Contrainte : Dans l'onglet <i>Résultats</i>, Sélectionner Résultat des contraintes
	Résultat des contraintes : <u>Contrainte :</u> - Choisir Von Mises - Cocher Afficher Maximum - Valider
	Résultats : <i>Contraintes de Von Mises</i> Couleur Rouge → <i>Contrainte Max</i> Couleur Bleue → <i>Contrainte Min</i>

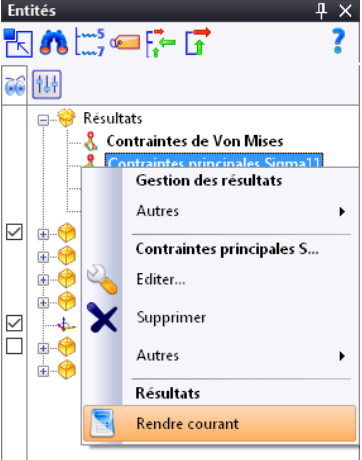
Contraintes de Von Mises. (MPa) 	Contraintes de Von Mises. (MPa) 	L'échelle des couleurs peut être modulable en cliquant sur . Peu de couleurs → Visualisation locale (concentrations de contraintes) Beaucoup de couleurs → Evolution de la contrainte sur la pièce
--	--	--

Pour une première visualisation, il est plus agréable et compréhensible d'avoir un grand échantillon de couleurs. Lorsque que l'on souhaite approfondir l'étude il devient intéressant de localiser les concentrations de contraintes.

Visualisation de la déformation

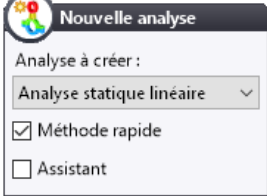
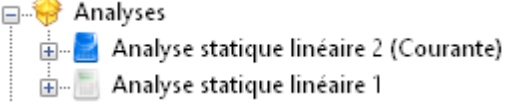
	Dans l'onglet <i>Résultats</i>, Sélectionner Facteur d'échelle
	Facteur d'échelle : Jouer avec le curseur bleu pour visualiser la déformation de la pièce. Valider

Exploitation des résultats

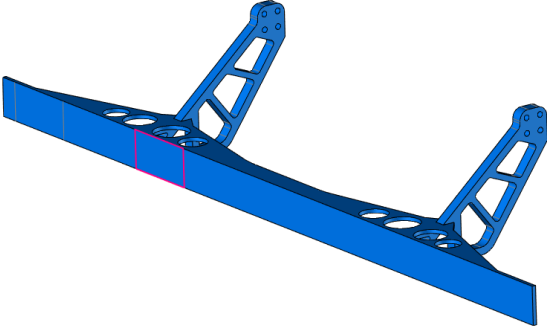
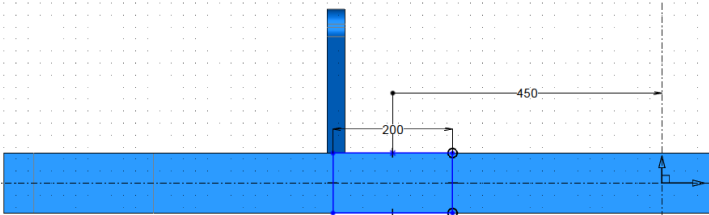
	Dans l'onglet <i>Entités</i>, Dérouler le dossier <i>Résultats</i>, <u>Pour visualiser un des résultats déjà calculé :</u> <i>Clic droit dessus,</i> Sélectionner Rendre courant
--	--

Création d'une nouvelle analyse

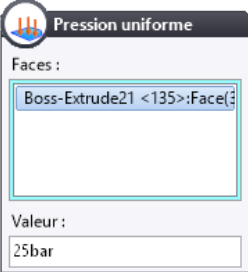
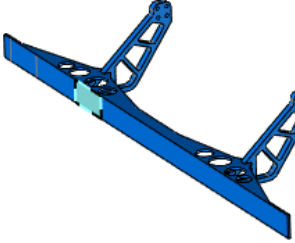
Nouvelle analyse

	Dans l'onglet <i>Analyse</i>, Sélectionner nouvelle analyse.
	Analyse à créer : - Choisir Analyse statique linéaire - Cocher Méthode rapide
	Dans l'onglet <i>Entités</i>, une nouvelle analyse a été créée. La création d'un nouveau fichier d'analyse va nous permettre de créer un nouveau paramétrage sans modifier le premier. Le maillage reste le même cependant il peut être intéressant de réaliser des cas de charges différents. L'intérêt d'un tel fichier est de pouvoir rassembler différentes configurations sur une même pièce dans le même fichier préparation d'analyse.

Création d'une nouvelle zone et impression

	Créer une esquisse sur la face avant du pare-chocs.  Ensuite <i>Imprimer l'esquisse sur la face avant du pare choc</i> comme précédemment expliqué.
---	--

Création d'un effort

 	Faces : - Sélectionner la face sur laquelle on souhaite exercer un effort. - Choisir la face précédemment créée. Valeur : 25 Bar
---	---

Création des encastrements

Géométries:

- Sélectionner les 8 perçages.
- Valider

Il ne reste plus qu'à mailler la pièce et lancer une nouvelle analyse !