

# TP 3

## Modélisations simplifiées

Analyses statique et modale

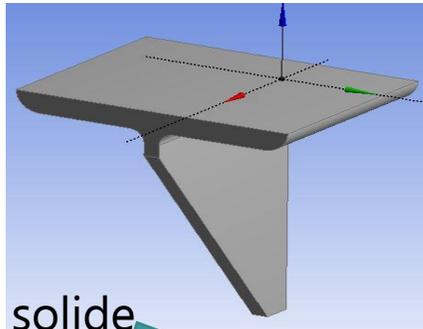
---



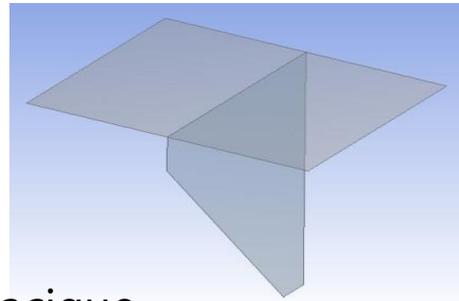
# Introduction

On peut simplifier la modélisation en passant aux maillages 2D ou 1D tout en restant en 3D.

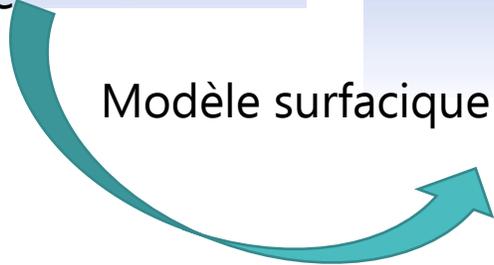
## Modèles surfaciques



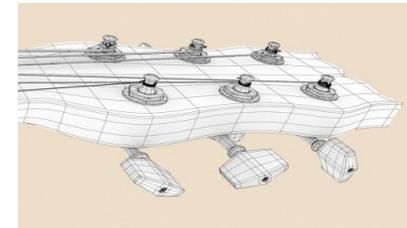
Modèle solide



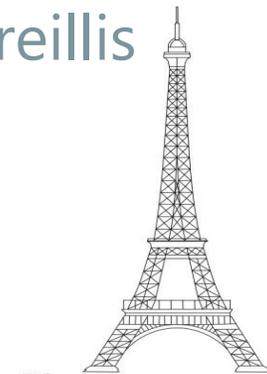
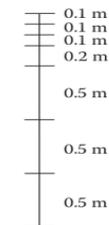
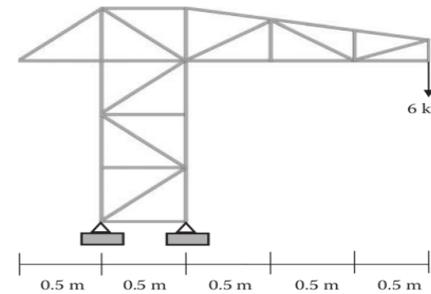
Modèle surfacique



## Modèles filaires



## Modèles en treillis



# Dimension du modèle VS dimension des éléments

---

Attention !

Quand on parle de modèle surfacique, il ne s'agit généralement pas d'une simulation 2D.

Par exemple, les modèles filaires ne sont pas du tout des modèles unidimensionnels. La corde que l'on pince va bouger dans toutes les directions (x, y et z). Un modèle surfacique d'une équerre comporte deux surfaces perpendiculaires qui existent donc dans un espace 3D, etc.

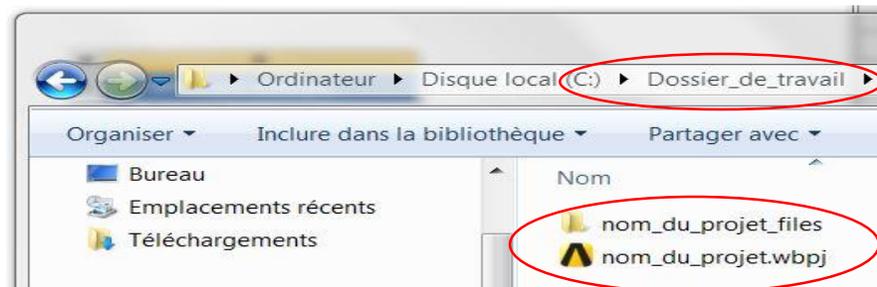
**On reste donc dans le cadre d'une analyse 3D**

Type d'analyse	3D
----------------	----

# Rappel

Prenez l'habitude d'enregistrer votre projet de temps en temps (au risque de perdre tout le fruit de votre travail...).

Enregistrez le projet entier directement (depuis le Workbench). ANSYS crée un fichier \*.wbpj, mais aussi un dossier \*\_files, ce dernier contient des informations très importantes comme, par exemple, la géométrie.

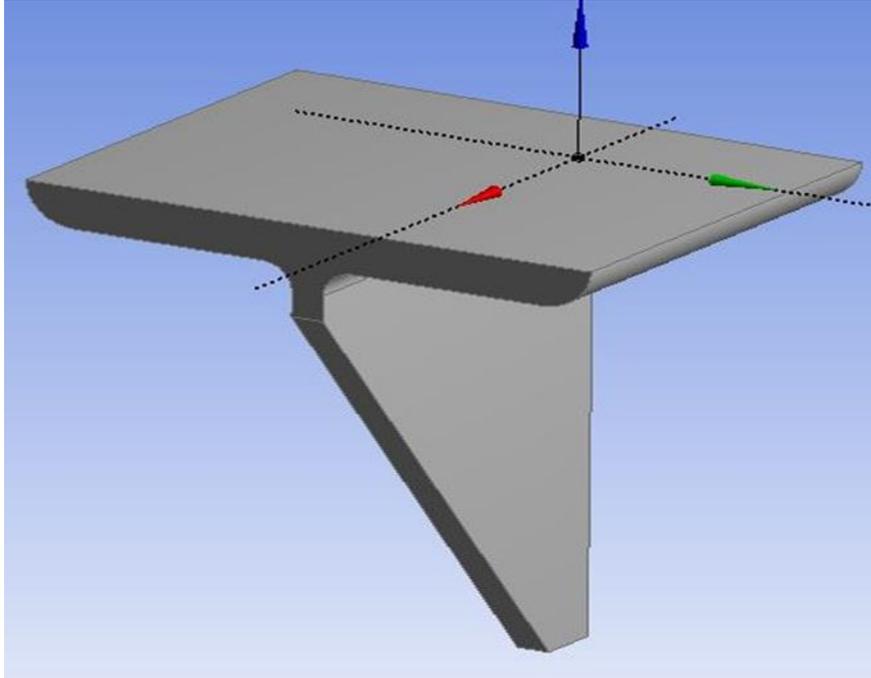


Travaillez de préférence sur le disque local, dans un emplacement bien défini. Si vous voulez changer d'emplacement, faites « Enregistrer sous » et choisissez le nouvel emplacement. Quand la nouvelle copie est bien en place, supprimez l'ancienne version.

Prenez l'habitude de ne pas utiliser de caractères spéciaux ou d'espaces dans le nom des projets et dossiers en amont.

# 1. Equerre en acier

---



Nous allons créer une équerre.

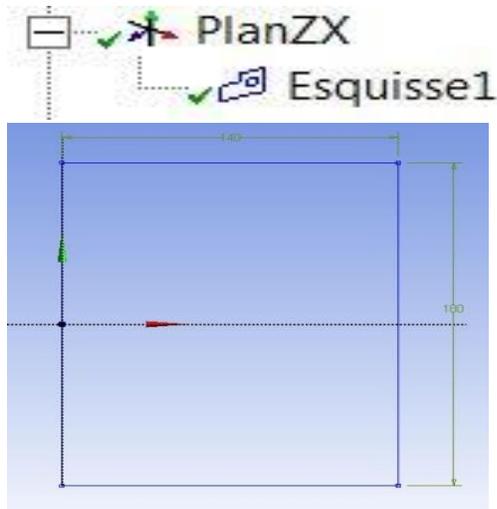
On commence par déterminer les esquisses nécessaires : il existe toujours plusieurs façons de créer un même modèle. Pour cet exemple, nous pouvons extruder une esquisse en « T », puis découper le coin inférieur avec une autre esquisse.

Nous avons choisi dans cet exemple une autre méthode : nous allons faire une esquisse pour la partie horizontale et une autre pour la partie verticale.

# 1. Equerre en acier - Géométrie

## Etape 1 :

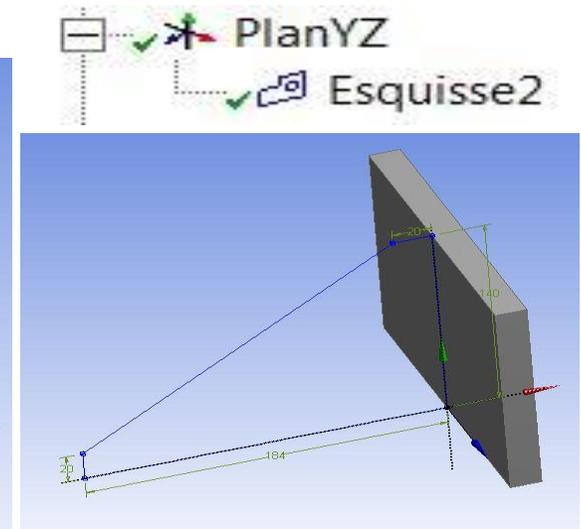
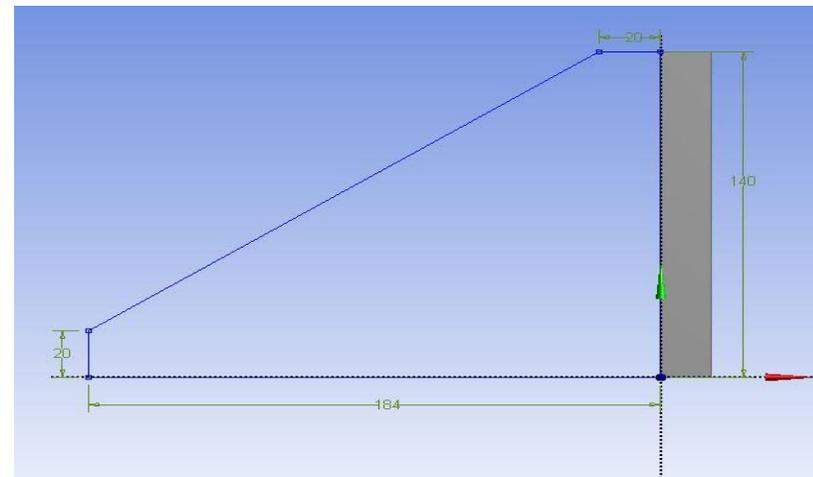
Esquisse rectangulaire de dimensions 140x180mm à extruder sur 16 mm de profondeur (selon +Y)



## Etape 2 :

Esquisse dont les dimensions sont 184x140mm, et 20mm.

Esquisse à extruder symétriquement de 5mm dans chaque direction.



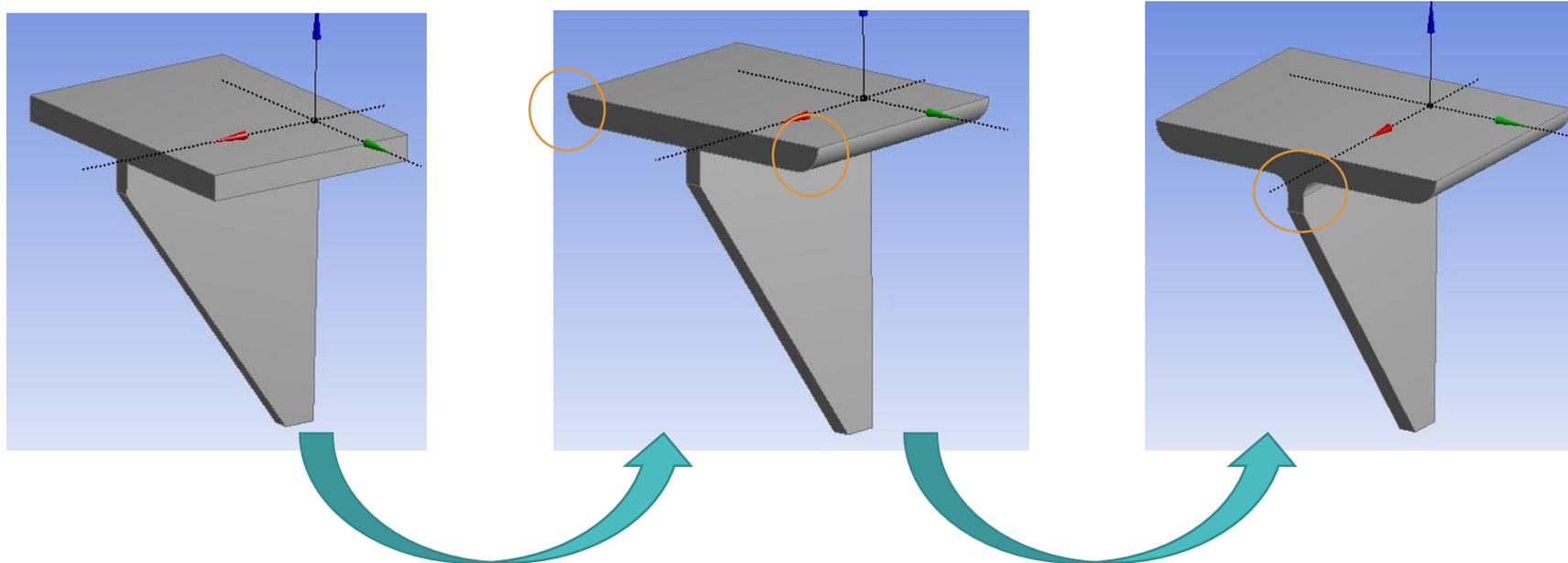
# 1. Equerre en acier - Géométrie

---

**Etape 3 :** Ajout des congés de raccordement (créer / congés à rayon fixe)

R16 pour les congés extérieurs

R10 pour les congés intérieurs



Une fois votre géométrie terminée, dupliquez votre simulation. L'une de ces deux simulations, nous servira pour le modèle 2D.

# 1. Equerre en acier 3D - Modélisation

## 1. Réalisation du maillage

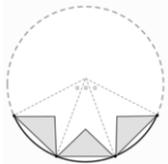
Commencez par appliquer une méthode à dominance hexaédrique.

*Pour mieux contrôler votre maillage, dans les « détails de « Maillage » », vous disposez de plusieurs paramètres modifiables.*

- **Résolution** : L'option Résolution contrôle la densité du maillage. Le paramètre par défaut est contrôlé par le programme et correspond à une valeur de 2 (sauf pour les simulations explicites et en électromagnétisme pour lesquelles cette valeur est 4). La plage de valeurs possibles va de 0 à 7, la résolution du maillage passant de grossière (0) à fine (7). Une valeur de -1 définira la résolution sur la valeur par défaut.

- **Centre d'angle de course** : Lorsque le dimensionnement adaptatif est activé (Oui), le paramètre Angle central de portée définit l'objectif de raffinement basé sur la courbure. Dans une région courbe, le maillage sera subdivisé le long de la courbure jusqu'à ce que chaque élément couvre un angle correspondant à cette valeur. Vous pouvez définir l'angle de portée en choisissant l'une des options suivantes :

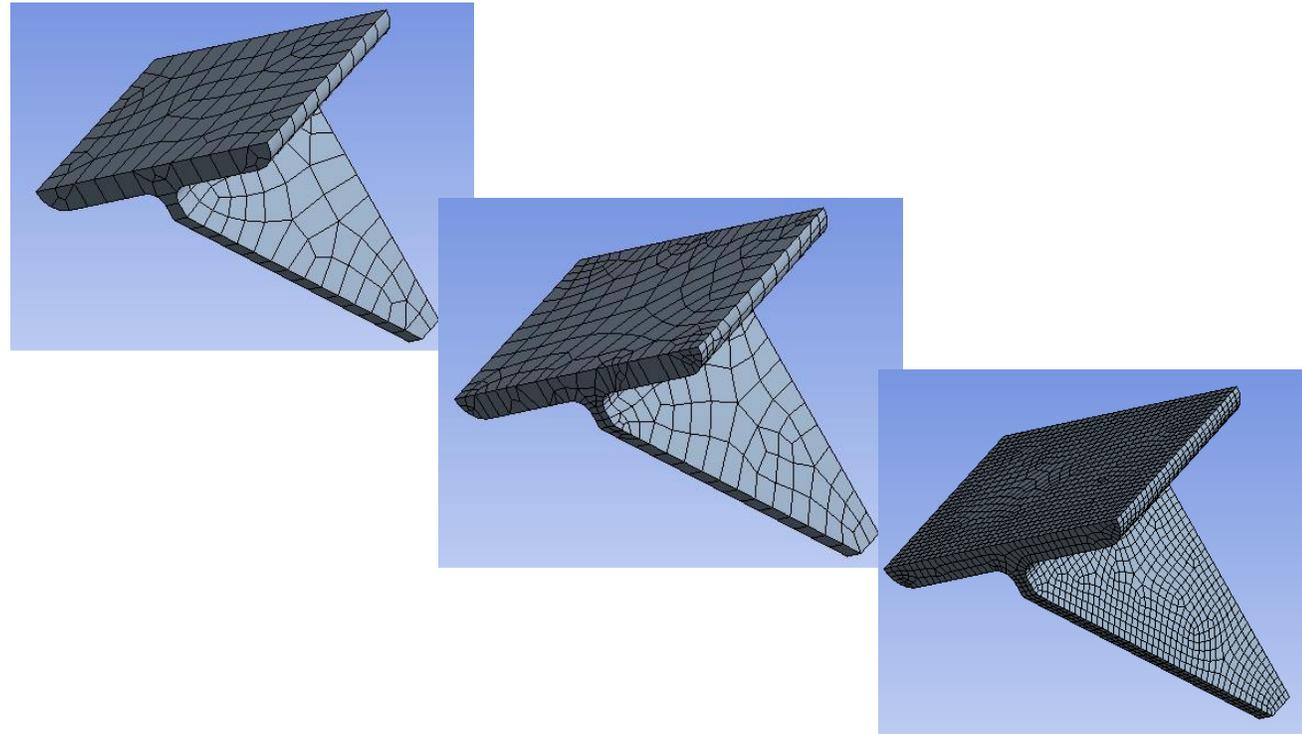
- Grossier : de  $91^\circ$  à  $60^\circ$
- Moyen : de  $75^\circ$  à  $24^\circ$
- Fin : de  $36^\circ$  à  $12^\circ$



- **Simplification du maillage** : Le defeaturing permet d'ignorer les détails de la géométrie (tels qu'une gravure), qui peuvent nuire au maillage et à la précision des résultats (en créant des concentrations de contrainte artificielles).

- **Transition** : La transition affecte la vitesse à laquelle la taille des éléments adjacents est modifiée. « Lent » produit des transitions douces et progressives ; « Rapide » produit des transitions plus abruptes, avec des changements de taille d'éléments plus soudains.

Modifiez ces paramètres et comparez leur influence sur le maillage.



# 1. Equerre en acier 3D - Modélisation

## 1. Réalisation du maillage

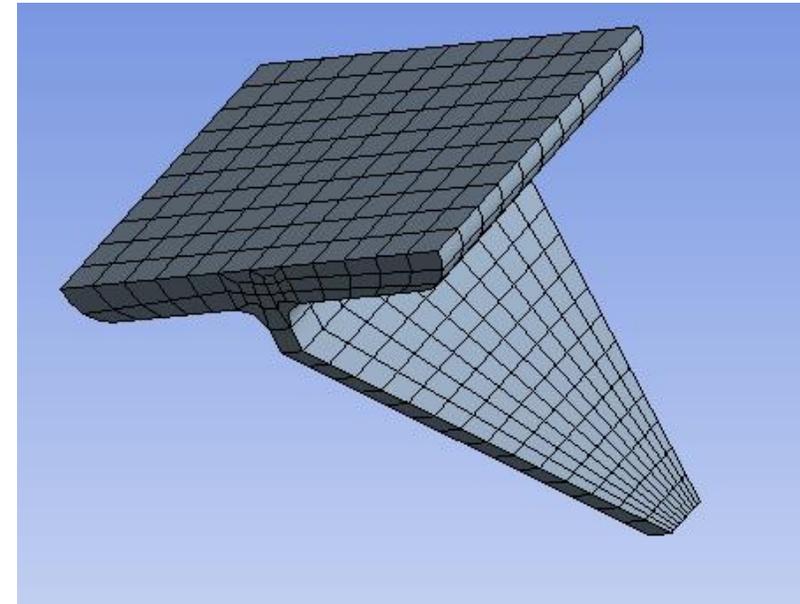
Redéfinissez la Résolution sur sa valeur par défaut et essayer la méthode de maillage « MultiZone ». Comparez à la méthode « A dominance hexaédrique ».

*La méthode de maillage MultiZone permet une décomposition automatique de la géométrie en régions structurées (maillables par balayage) et en régions libres (non structurées).*

*Elle génère automatiquement un maillage entièrement hexaédrique là où c'est possible, puis remplit les zones plus complexes avec un maillage non structuré.*

*Il est possible de choisir le type de maillage mappé (hexa, hexa/prisme ou prisme). Les prismes seront utilisés pour une transition vers des éléments tétraédriques à la frontière du corps maillé.*

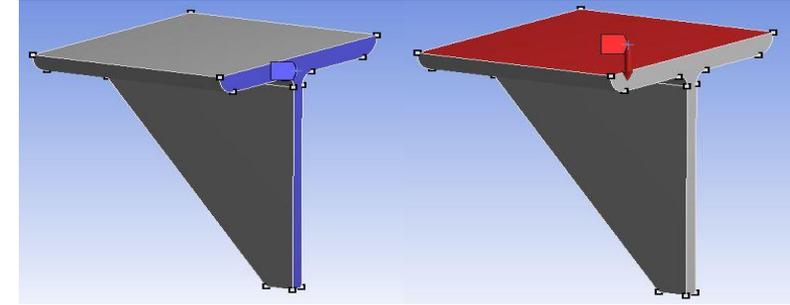
*Cependant, toutes les géométries ne peuvent pas être maillées de cette manière. Un maillage multizone sur une pièce très complexe n'est pas possible : beaucoup de courbures ou de détails fins peuvent empêcher le bon déroulement du balayage, rendant la méthode inapplicable ou instable.*



# 1. Equerre en acier 3D - Modélisation

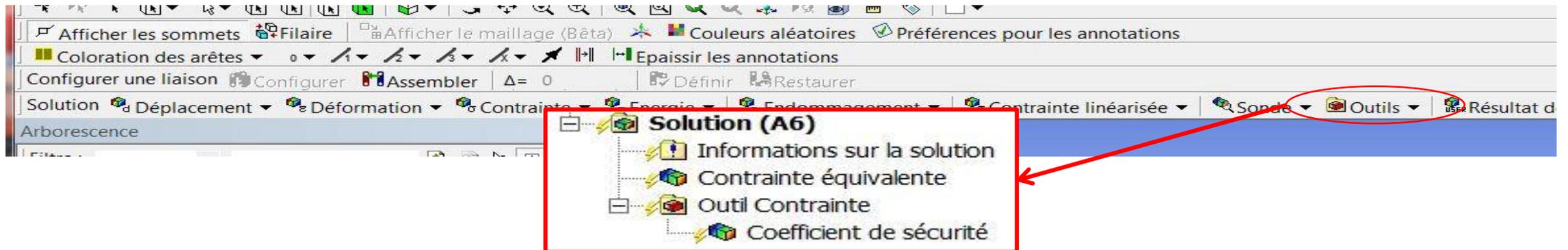
## 2. Intégrer les chargements et CL au modèle

- Appliquez un support fixe sur la face arrière,
- Appliquez une force de -27000 N selon Y sur la face supérieure.



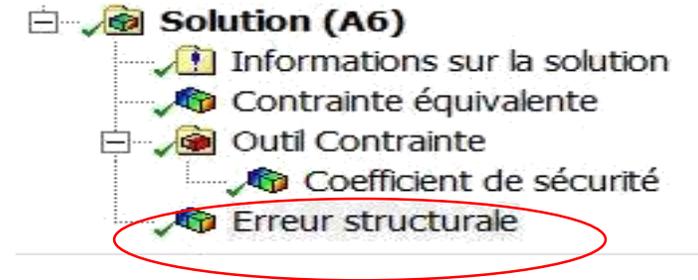
## 3. Insérer les données de sortie (solution)

- La contrainte équivalente de Von Mises,
- L'outil Coefficient de sécurité (*Le coefficient de sécurité est calculé comme le rapport entre la limite d'élasticité et la contrainte équivalente de Von Mises:  $R_e/\sigma_{eq}$* ).



# 1. Equerre en acier 3D - Analyse

## 3. Insérer les données de sortie (solution)



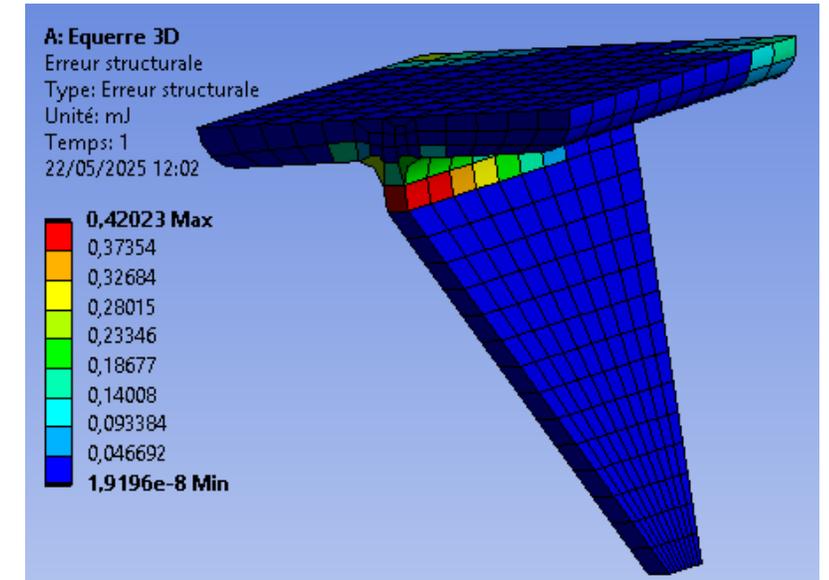
- Insérez l'Erreur structurale (dans Contrainte > Erreur)

*Cette valeur permet de juger de la **qualité du maillage**. On cherche à la minimiser, et surtout à rendre sa distribution la plus homogène possible.*

*La valeur de l'erreur est donnée en mJ, parce qu'elle est issue de calculs d'énergie, ce qui rend son interprétation difficile. Mais, en la comparant à l'énergie de déformation de la pièce, nous pouvons approximer un pourcentage d'erreur.*

- Dans les solutions, insérez l'Energie de déformation (dans Energie)
- A l'aide d'une sonde, relevez la valeur maximale de l'Erreur, et la valeur de l'Energie de déformation au même endroit.
- Appliquez la formule ci-dessous pour normaliser l'erreur en une valeur plus interprétable.

$$\text{Erreur normalisée} = \sqrt{\frac{\text{erreur}}{\text{Energie de déformation} + \text{erreur}}}$$



# 1. Equerre en acier 3D - Analyse

## 3. Insérer les données de sortie (solution)

Comme ce n'est pas pratique de faire les calculs à la main pour chaque élément qui nous intéressent, nous allons demander à Ansys de le faire pour nous.

- Dans la « solution », insérez un « **Résultats Défini par l'Utilisateur** »  
*Les RDU sont des résultats personnalisés que Ansys calculera selon une formule que l'on définit dans le détail du RDU. Comme pour les autres résultats, nous pourrons visualiser ces valeurs sur les éléments de notre pièce.*

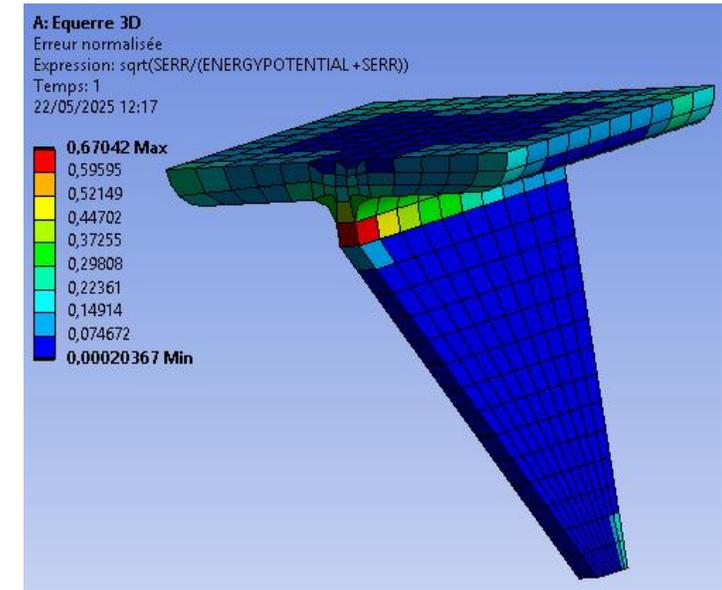
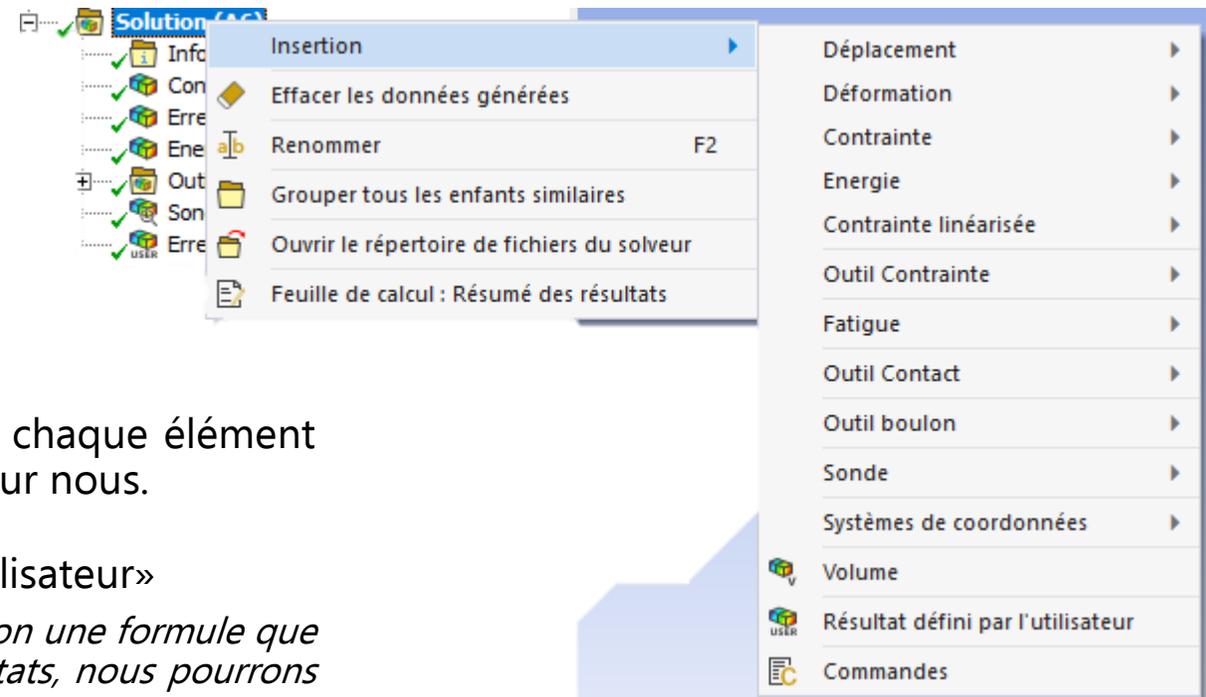
- Entrez la formule suivante dans l'expression de la RDU:  
 **$\text{sqrt}(\text{SERR}/(\text{ENERGYPOTENTIAL}+\text{SERR}))$**



Code pour l'erreur structurale

Code pour l'énergie de déformation

- Renommez votre RDU en « Erreur structurale normalisée ». Visualisez le résultat et vérifiez sa cohérence avec le calcul précédent.



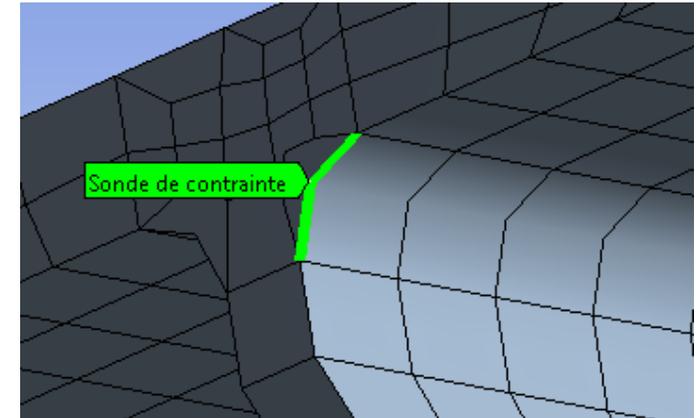
# 1. Equerre en acier 3D - Analyse

## 4. Optimiser le maillage

- Dans Solution, insérez une sonde de contrainte équivalente sur l'arrête entre le congé interne et la face avant de l'équerre.
- A l'aide du paramétrage, réalisez la convergence de maillage. Pour cela, tracez, en faisant varier la taille des éléments dans le maillage global, (avec la méthode multizone, on ne pourra pas raffiner localement le maillage):
  - La contrainte eq. Max = f (nb de nœud)
  - L'erreur structurale totale = f (nb de nœud)
  - La contrainte eq. Max de la sonde = f (nb de nœud)
  - Le temps de simulation = f (nb de nœuds)

**Faites attention de bien tout paramétrer avant de lancer la longue série de simulations. N'appliquez pas de taille d'élément inférieure à 1,9 mm. La simulation serait alors trop longue.**

- Pourquoi utiliser une sonde de contraintes pour la convergence ?
- Quel autre paramètre semblerait intéressant à utiliser pour effectuer la convergence de maillage ?
- Comparez en un même point l'erreur normalisée avant et après convergence.

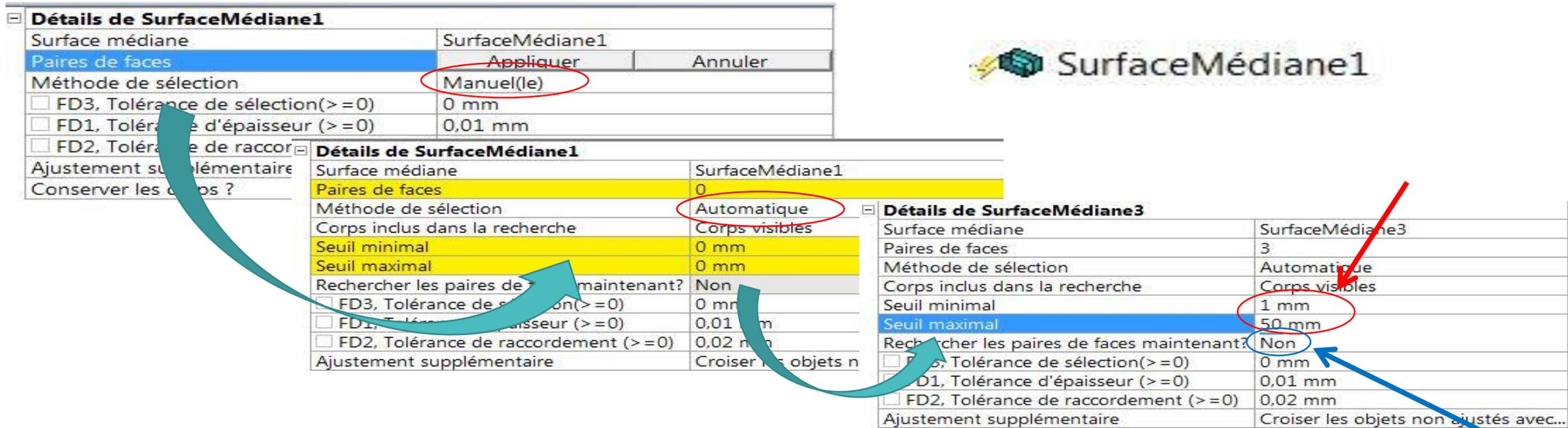


	A	B
1	Nom	P13 - Maillage Taille des éléments
2	Unités	mm
3	DP 12 (Courant)	10
4	DP 13	8
5	DP 14	6
6	DP 15	5
7	DP 16	4
8	DP 17	3
9	DP 18	2,5
10	DP 19	2
11	DP 20	1,9

## 2. Equerre en acier - Modèle coque mince - Géométrie

Dans Design Modeler, on peut transformer assez facilement un modèle solide en un modèle surfacique en utilisant l'outil « Surface médiane ».

Pour cela, allez dans la géométrie de la simulation dupliquée précédemment, et sélectionnez l'outil « Surface médiane ».



Détails de SurfaceMédiane1	
Surface médiane	SurfaceMédiane1
Paires de faces	Appliquer
Méthode de sélection	Manuel(le)
<input type="checkbox"/> FD3, Tolérance de sélection (>=0)	0 mm
<input type="checkbox"/> FD1, Tolérance d'épaisseur (>=0)	0,01 mm
<input type="checkbox"/> FD2, Tolérance de raccordement (>=0)	0,02 mm
Ajustement supplémentaire	Croiser les objets non ajustés avec...

Détails de SurfaceMédiane1	
Surface médiane	SurfaceMédiane1
Paires de faces	0
Méthode de sélection	Automatique
Corps inclus dans la recherche	Corps visibles
Seuil minimal	0 mm
Seuil maximal	0 mm
Rechercher les paires de faces maintenant?	Non
<input type="checkbox"/> FD3, Tolérance de sélection (>=0)	0 mm
<input type="checkbox"/> FD1, Tolérance d'épaisseur (>=0)	0,01 mm
<input type="checkbox"/> FD2, Tolérance de raccordement (>=0)	0,02 mm
Ajustement supplémentaire	Croiser les objets non ajustés avec...

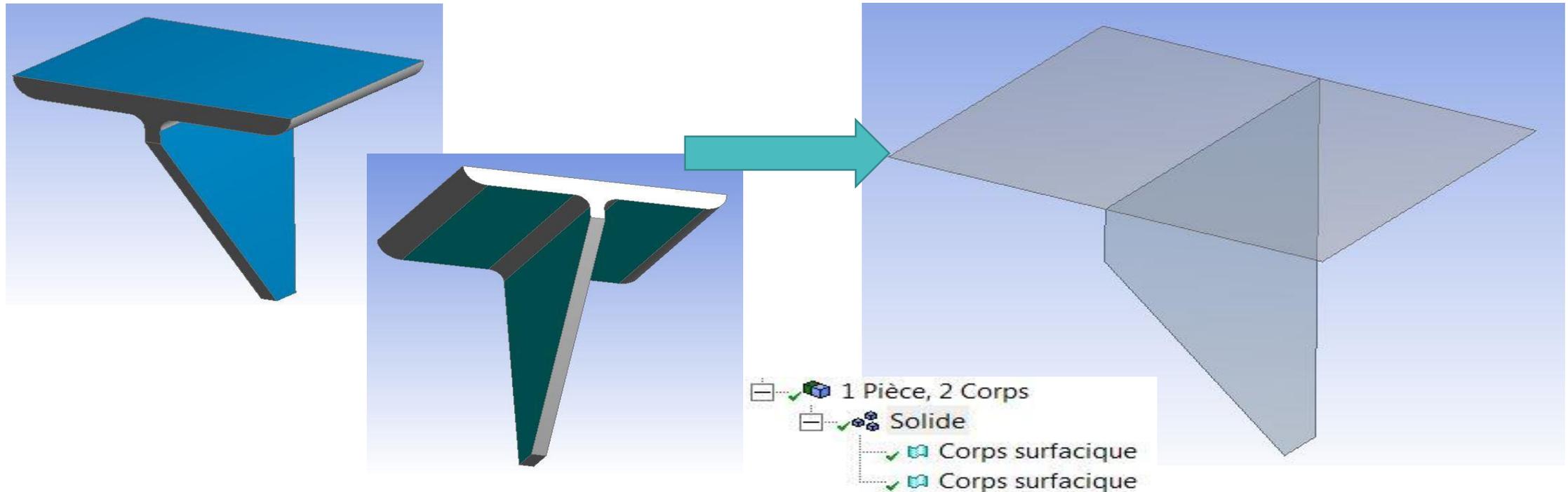
  

Détails de SurfaceMédiane3	
Surface médiane	SurfaceMédiane3
Paires de faces	3
Méthode de sélection	Automatique
Corps inclus dans la recherche	Corps visibles
Seuil minimal	1 mm
Seuil maximal	50 mm
Rechercher les paires de faces maintenant?	Non
<input type="checkbox"/> FD3, Tolérance de sélection (>=0)	0 mm
<input type="checkbox"/> FD1, Tolérance d'épaisseur (>=0)	0,01 mm
<input type="checkbox"/> FD2, Tolérance de raccordement (>=0)	0,02 mm
Ajustement supplémentaire	Croiser les objets non ajustés avec...

En mode de sélection automatique, il faut renseigner les seuils min et max (distances min et max entre les faces à fusionner). Expérimentez ces valeurs pour comprendre le fonctionnement.

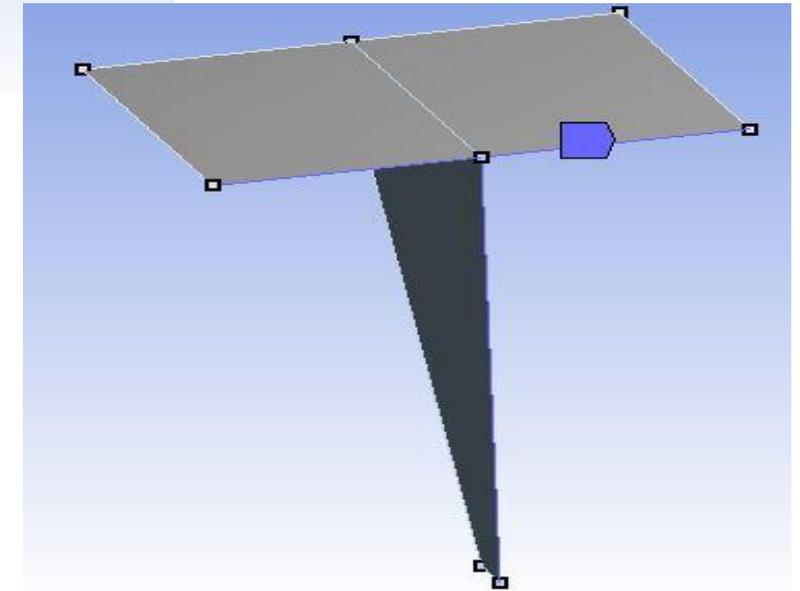
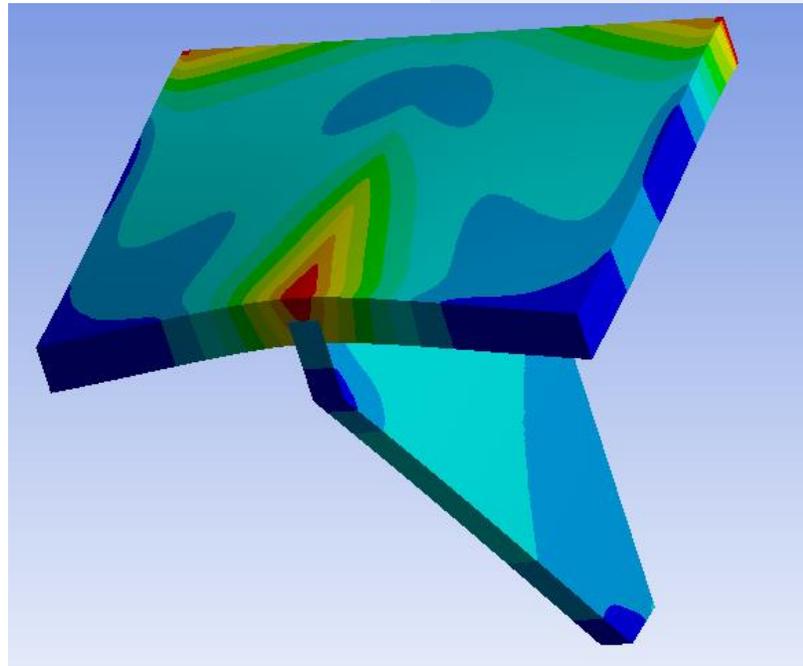
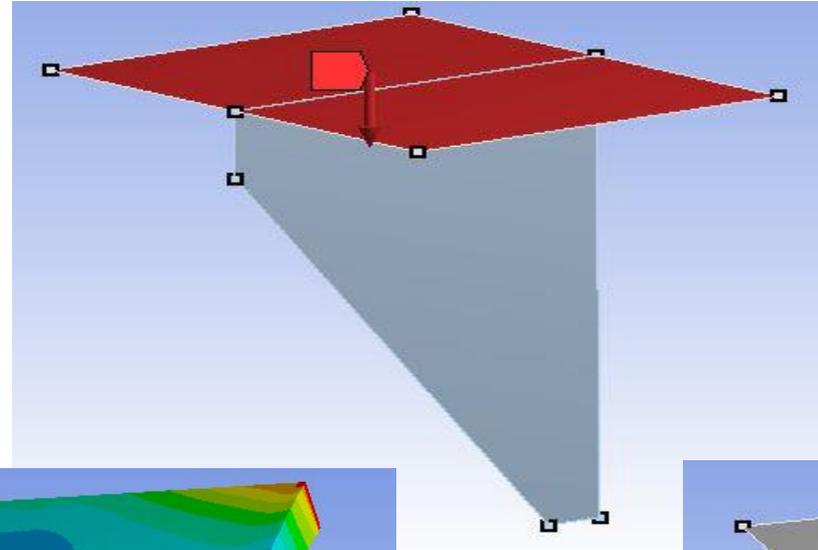
## 2. Equerre en acier - Modèle coque mince - Géométrie

ANSYS détecte automatiquement 3 paires de faces et les transforme en deux surfaces



## 2. Equerre en acier - Modèle coque mince – Modélisation

1. Réalisez le maillage
2. Appliquez les charges et CL
3. Insérez les données de sorties
4. Optimisez le maillage
5. Comparez au modèle 3D



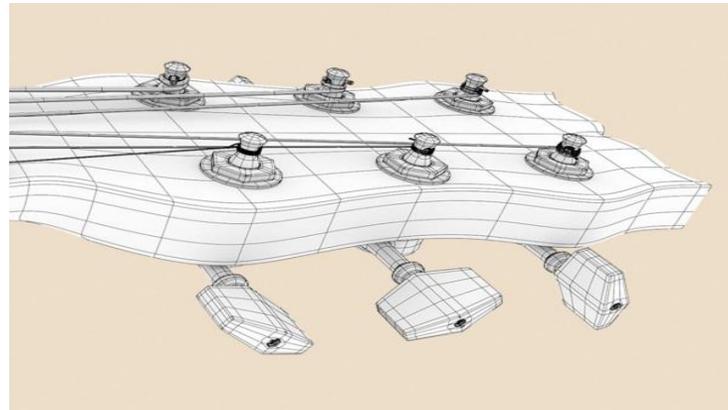
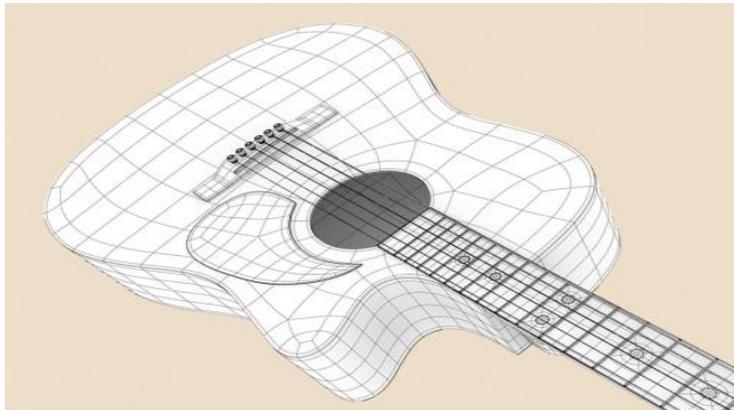
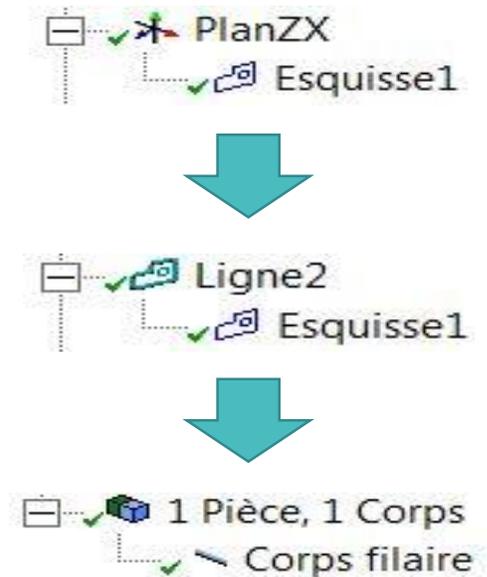
### 3. Corde de guitare : modèle filaire

On va modéliser une corde de guitare d'une longueur de 1 m, de section circulaire de diamètre 0,28 mm.

**1- Définissez le matériau** : on considérera un acier de masse volumique  $7850 \text{ kg/m}^3$ , de module d'Young 200 GPa et de coefficient de Poisson 0.3.

**2- Dessinez le modèle** : le modèle géométrique correspond ici à une ligne droite.

- Faites l'esquisse d'une ligne, puis « Concept / Ligne à partir d'esquisses ».
- Créez une section droite circulaire : Concept/Section droite/Circulaire
- Chargez cette section droite circulaire dans le corps filaire



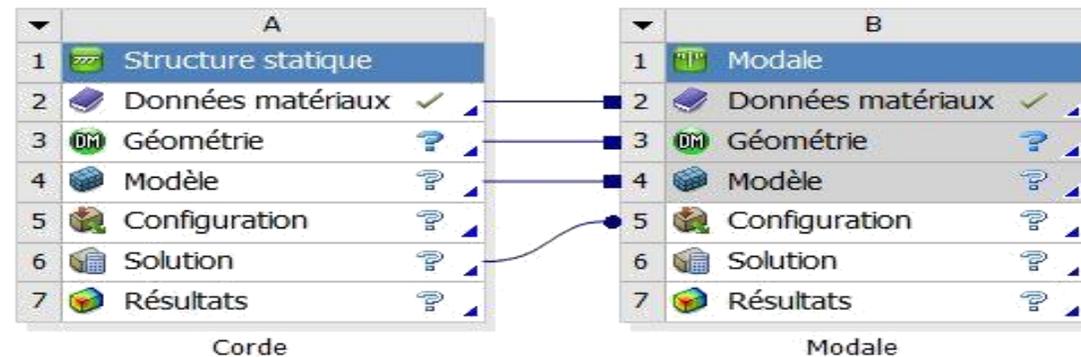
Vue détails	
☐ <b>Détails de Corps filaire</b>	
Corps	Corps filaire
Faces	0
Arêtes	1
Sommets	2
Section droite	Circulaire1
Type de décalage	Centre de gravité
Méthode de topologie partagée	Joints d'arêtes
Type de géométrie	DesignModeler

## 3. Corde de guitare : modèle filaire

**3- Paramétrez le modèle** : La corde est fixée sur la guitare à une extrémité. Du côté de la tête, on peut régler la note en faisant varier la force de tension.

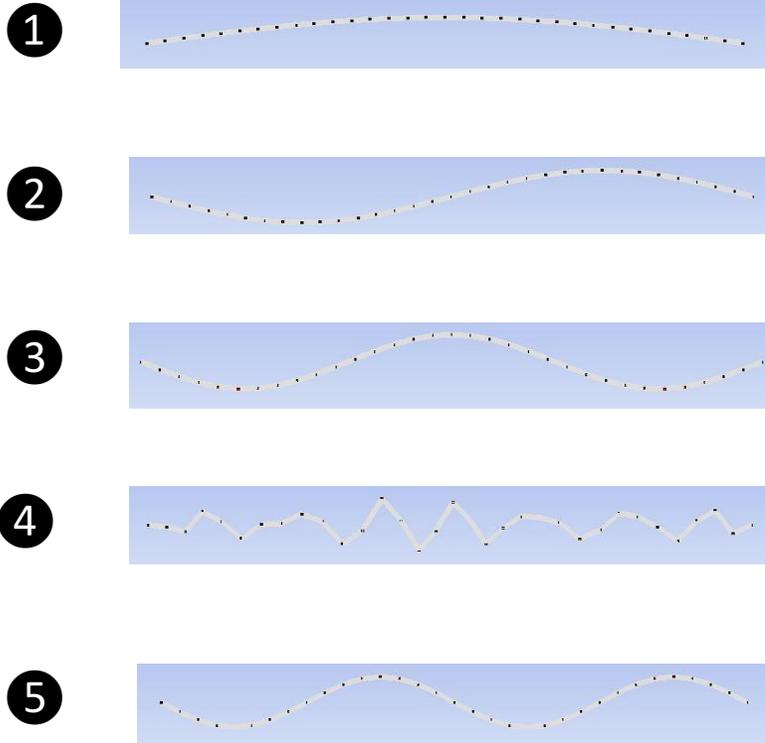
Notre but est de chercher la force nécessaire à appliquer pour que la corde soit accordée sur un la (soit 440 Hz).

On va utiliser pour cela une simulation statique couplée à une analyse modale. Ainsi la force appliquée la simulation Structure Statique définit l'état de précontrainte de l'analyse modale.



## 4- Réalisez un maillage par défaut

### 3. Corde de guitare : modèle filaire



#### 5- Trouvez la tension nécessaire pour obtenir un la

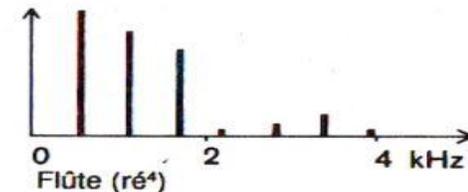
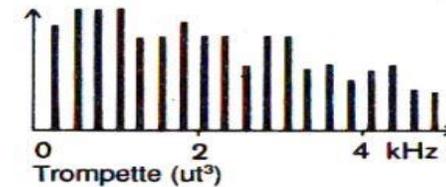
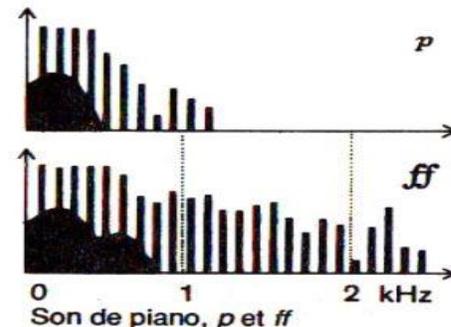
Démarrez l'expérience avec une force de 300 N.

Affichez les 12 premiers modes de déformation (à choisir dans les paramètres de l'analyse. C'est la fréquence du premier mode de vibration qui définit la tonalité de la corde (le mode fondamental). Faites varier la force pour arriver à une fréquence fondamentale proche de 440 Hz (correspondant donc à la note la).

Les modes de flexion existent toujours en paires (définissez pourquoi).

*La fréquence la plus basse définit la tonalité. Par contre, c'est tout le spectre harmonique (modes suivants) et les amplitudes des différentes harmoniques qui définissent le timbre de chaque instrument.*

*Pour épaissir l'affichage de la corde, décocher « Epaisseurs et sections de poutres » dans « Affichage ».*



## 4. Structure treillis : Pont en bois

Réalisez un modèle de structure treillis. Le principe est le même qu'avec un modèle filaire. On crée une esquisse, puis un corps filaire à partir de l'esquisse.

Pour le maillage, imposez une taille supérieure à la longueur de l'arête la plus longue, cela permet de représenter chaque poutre du treillis par un seul élément de maillage.

Analysez le déplacement total et les efforts de réaction aux supports (Insertion/Sonde/Force de réaction).

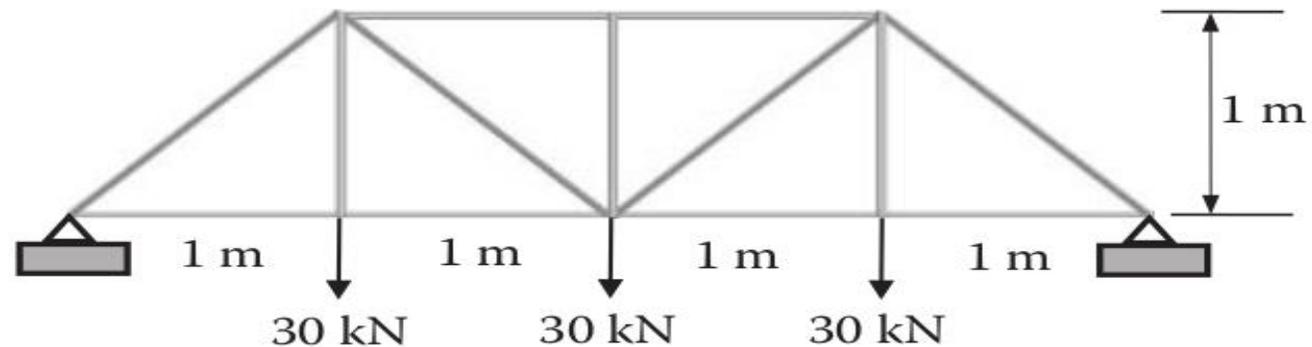
 Force de réaction

Matériau : Pin

Module d'Young = 13.1 GPa

Coef. de Poisson = 0.29

Section droite: carré 60 x 60 mm



**MERCI**  
pour votre écoute

---



L'École des Ingénieurs  
Scientifiques