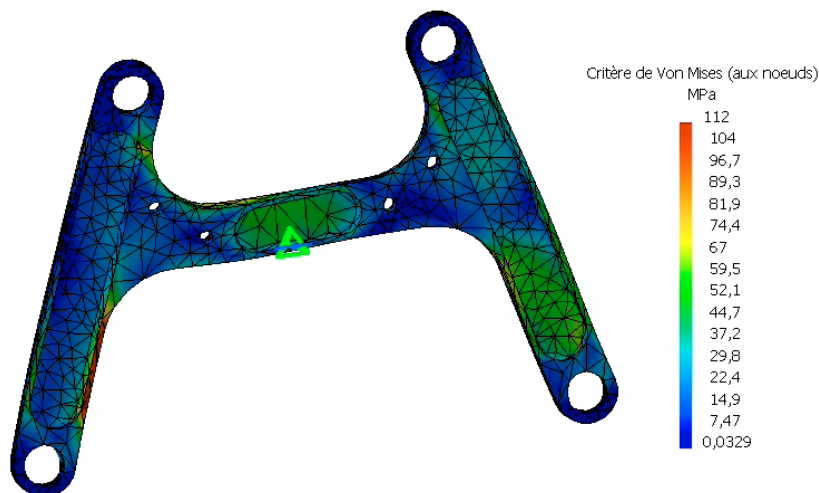


# PIÈCE SUPPORT D'ATR 42

- **ANALYSE ET SIMULATION : GENERATIVE STRUCTURAL ANALYSIS**
- **RECONCEPTION**



## I. OBJECTIFS

L'objectif de ce TP est de d'analyser le comportement sous charge d'une pièce par la **Méthode aux Éléments Finis** : la **MEF**, dans le but de **VALIDER** ou pas la conception de la pièce.

Ensuite, après analyse des résultats, une phase de **RECONCEPTION** sera mise en place, si nécessaire, dans le but **D'OPTIMISER** les formes, le matériau de la pièce pour améliorer le comportement de la pièce.

## II. PLAN DE L'ÉTUDE

- |  |  |
|--|--|
| 1. Préliminaires à l'étude par la <b>MEF</b> :   | <i>mise en place des <b>options</b> d'analyse</i>  |
| 2. Création du <b>MAILLAGE</b> :                 | <i>méthode <b>automatique</b> pour discrétiser la pièce</i>                                |
| 3. Modélisation des <b>LIAISONS</b> :            | <i>création des <b>contraintes</b> entre la pièce étudiée et les pièces extérieures</i>    |
| 4. Modélisation du <b>CHARGEMENT EXTÉRIEUR</b> : | <i>création des <b>charges</b> appliquée à la pièce</i>                                    |
| 5. Analyse des <b>RÉSULTATS</b> :                | <i>visualisation des <b>zones critiques</b> par rapport aux critères</i>                   |
| 6. Optimisation du <b>MAILLAGE</b> :             | <i><b>amélioration</b> du maillage pour affiner les résultats dans les zones critiques</i> |
| 7. Reconception du <b>MODÈLE 3D</b> :            | <i><b>modifications</b> des formes de la pièce pour respecter les critères limites</i>     |

## III. SYNTHÈSE

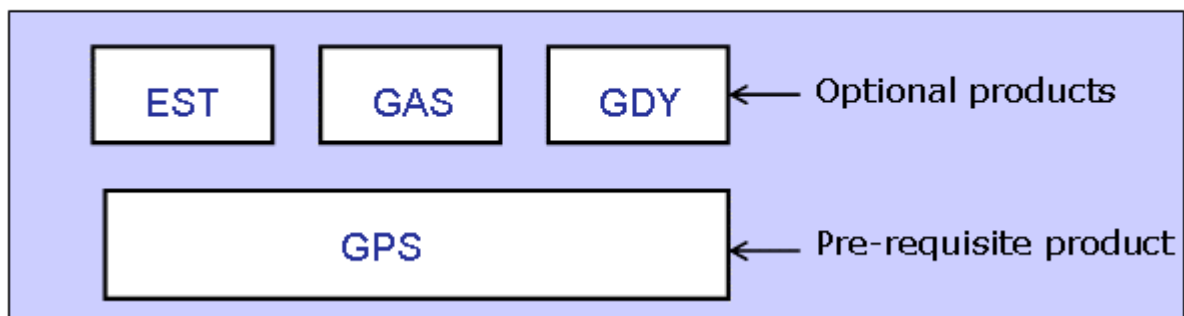
PIÈCE SUPPORT D'ATR 42	TD61	CATIA V5R13	1/13
------------------------	------	-------------	------

# PRÉSENTATION D'ANALYSIS SOLUTION

Les produits ELFINI Structural Analysis (EST), Generative Part Structural Analysis (GPS), Generative Assembly Structural Analysis (GAS) et Generative Dynamic Response Analysis (GDY) version 5 permettent d'effectuer rapidement les analyses mécaniques de premier niveau pour tous les systèmes de pièces en 3D.

- Le produit **Generative Part Structural Analysis (GPS)** s'adresse à l'utilisateur moyen. En effet, son interface intuitive permet d'obtenir des informations sur le comportement mécanique avec très peu d'interactions. Les boîtes de dialogue sont explicites et ne requièrent pratiquement pas de méthodologie car toutes les étapes de définition sont commutatives.
- Le produit **Generative Assembly Structural Analysis (GPS)** constitue une extension très utile de Generative Part Structural Analysis qui permet d'étudier le comportement mécanique d'un assemblage entier. Il a été conçu avec le même respect des principes de "pédagogie" et de "convivialité".
- Le produit **ELFINI Structural Analysis** est une extension de ces deux produits qui repose entièrement sur l'architecture de la Version 5. Il constitue la base des outils d'analyse mécanique à venir.
- Le produit **Generative Dynamic Analysis (GDA)** permet de travailler dans une contexte de réponse dynamique.

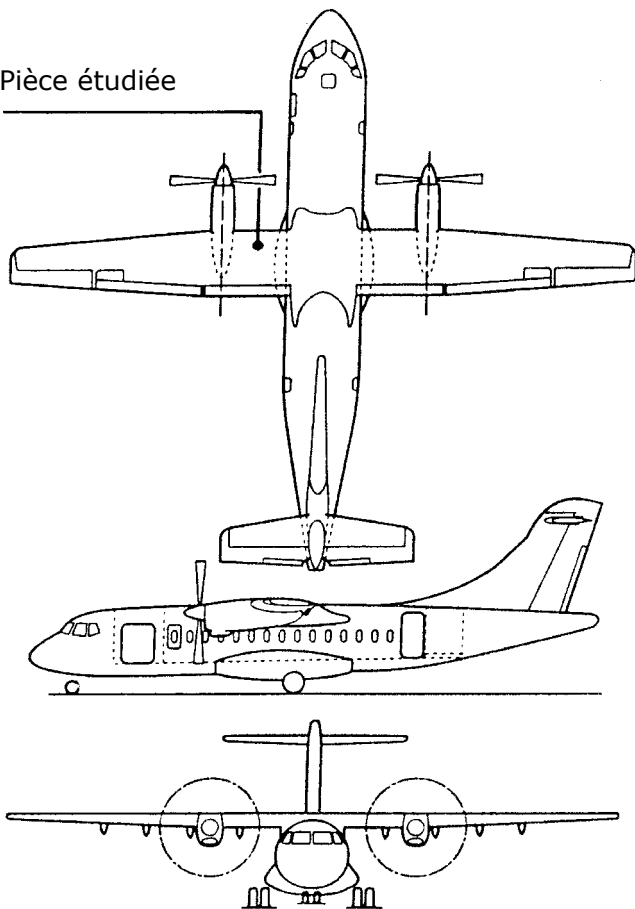
## Positionning the products



# L'AVION ATR 42

L'avion ATR 42 peut transporter de 42 à 50 passagers avec un rayon d'action de 1700 km. Motorisé par deux turbopropulseurs "PRATT et WHITNEY", chacun équipé d'une hélice "HAMILTON" quadripale de diamètre 3,96 m. Cet avion de longueur 22,67 m, d'envergure 24,57 m, de hauteur hors tout 7,59 m, de masse maximale au décollage de 16700 kg a une capacité de carburant de 4500 kg.

Pièce étudiée



## I. CONDITIONNEMENT D'AIR

Dans l'ATR 42, pour le confort des passagers et du personnel navigant, deux groupes de climatisation maintiennent dans tout le fuselage un air à pression et température régulées ; chacun des deux groupes de climatisation est alimenté en air chaud, sous pression, prélevé du compresseur axial de l'un des deux turbopropulseurs correspondant.

### 1- À faible régime, c'est à dire l'avion au sol ou en descente :

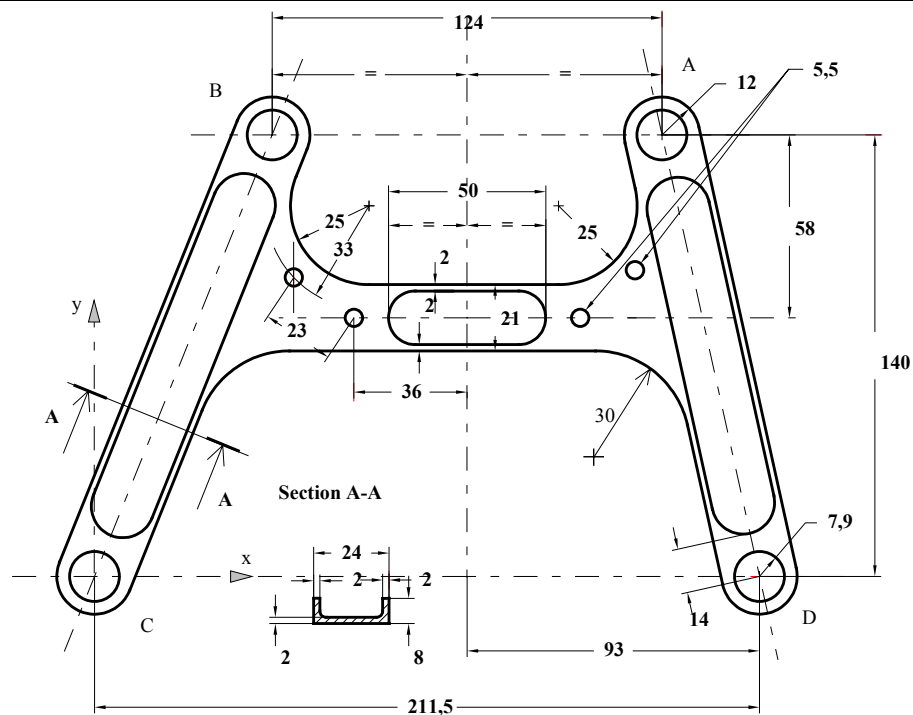
La veine d'air prépondérante en débit, prélève l'air "haute pression" du dernier étage du compresseur axial et l'amène dans une électrovanne de régulation.

### 2- À régime de croisière ou de montée :

La veine d'air prépondérante en débit, prélève l'air "basse pression" d'un étage intermédiaire du compresseur axial.

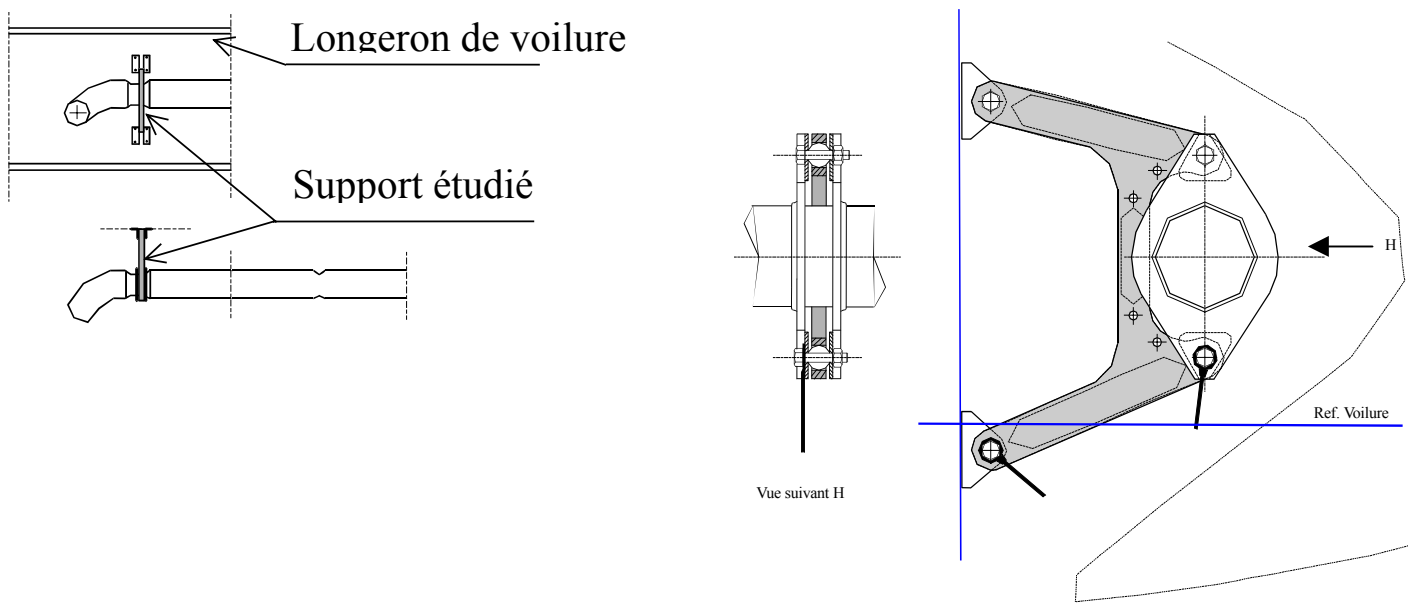
### 3- Dans tous les cas :

Ces deux veines de "haute pression régulée" et de "basse pression" se raccordent sur une tuyauterie commune située dans le longeron de voilure et la paroi intérieure du bord d'attaque de l'aile et allant du turbopropulseur au fuselage . Cette tuyauterie commune rejoint le groupe de climatisation placé dans la bossette de l'atterrisseur principal. Cet air passe ensuite dans les échangeurs (régulation de température) puis dans un compresseur (pressurisation), ce compresseur étant lui même actionné par une turbine utilisant une partie de cet air.



## II. DONNÉES

La pièce étudiée, support de tuyauterie, fait partie d'un ensemble qui maintient la tuyauterie commune le long du longeron de voilure de l'avion.













- **Caractéristiques techniques :**
  - Nature du matériau : "Duralumin" ( AU4G ou EN AW-2024) ;
  - Mode d'obtention : usinée dans la masse ;
  - Protection anticorrosion : oxydation anodique chromique ;
  - Masse de la pièce : 189 g
  - Module de Young :  $E = 72000 \text{ MPa}$  ;
  - Module de Coulomb :  $G = 27000 \text{ MPa}$  ;
- **Appuis :**
  - Appuis pivots en C et D
- **Charges extérieures :**
  - En A : glisseur  $\vec{A} = 600 \vec{x} - 1600 \vec{y}$
  - En B : glisseur  $\vec{B} = 600 \vec{x} - 1600 \vec{y}$

### III. BUT DE L'ÉTUDE

- **VÉRIFIER** que la pièce résiste bien aux efforts aux quels elle est soumise.
- **RECONCEVOIR** la pièce dans le but de diminuer la masse de la pièce.

Mais il s'agit dans un 1<sup>er</sup> temps de d'ouvrir le fichier **TD1-ATR\_42.CATPart**.

## PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE D'ANALYSE ET DE SIMULATION

1		<p>Dans l'atelier part design :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>APPLIQUER</b> un matériau à la pièce . <b>VÉRIFIER</b> ses propriétés</li> <li>• <b>LANCER</b> l'atelier : Generative Structural Analysis : Démarrer\ Analyse et Simulation\ Generative Structural Analysis</li> <li>• <b>CHOISIR</b> un cas <b>d'analyse statique</b></li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un maillage par défaut est <b>CRÉÉ</b> ou</li> <li>• <b>CRÉER</b> son <b>modèle de maillage</b></li> </ul>
3	  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>APPLIQUER</b> les <b>contraintes</b> de liaisons au modèle</li> <li>• <b>CRÉER</b> des <b>pièces virtuelles</b> de type solides rigides, élastiques,... pour tenir compte des liaisons entre la pièce étudiée et son milieu extérieur</li> <li>• <b>MODÉLISER</b> les assemblages boulonnés, vissés et autres cordons de soudures : <b>DÉFINIR</b> les <b>connexions</b></li> </ul>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>APPLIQUER</b> le cas de <b>chargement</b> au modèle 3D (plusieurs cas de chargement sont applicable en même temps)</li> </ul>
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LANCER</b> le <b>calcul</b></li> </ul>
6		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CRÉER</b> des images pour <b>visualiser</b> les résultats</li> </ul>
7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ANALYSER</b> les résultats</li> </ul>
8		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MODIFIER</b> les paramètres du maillage</li> <li>• <b>CRÉER</b> une adaptivité pour densifier le maillage</li> <li>• <b>RELANCER</b> un calcul</li> </ul>

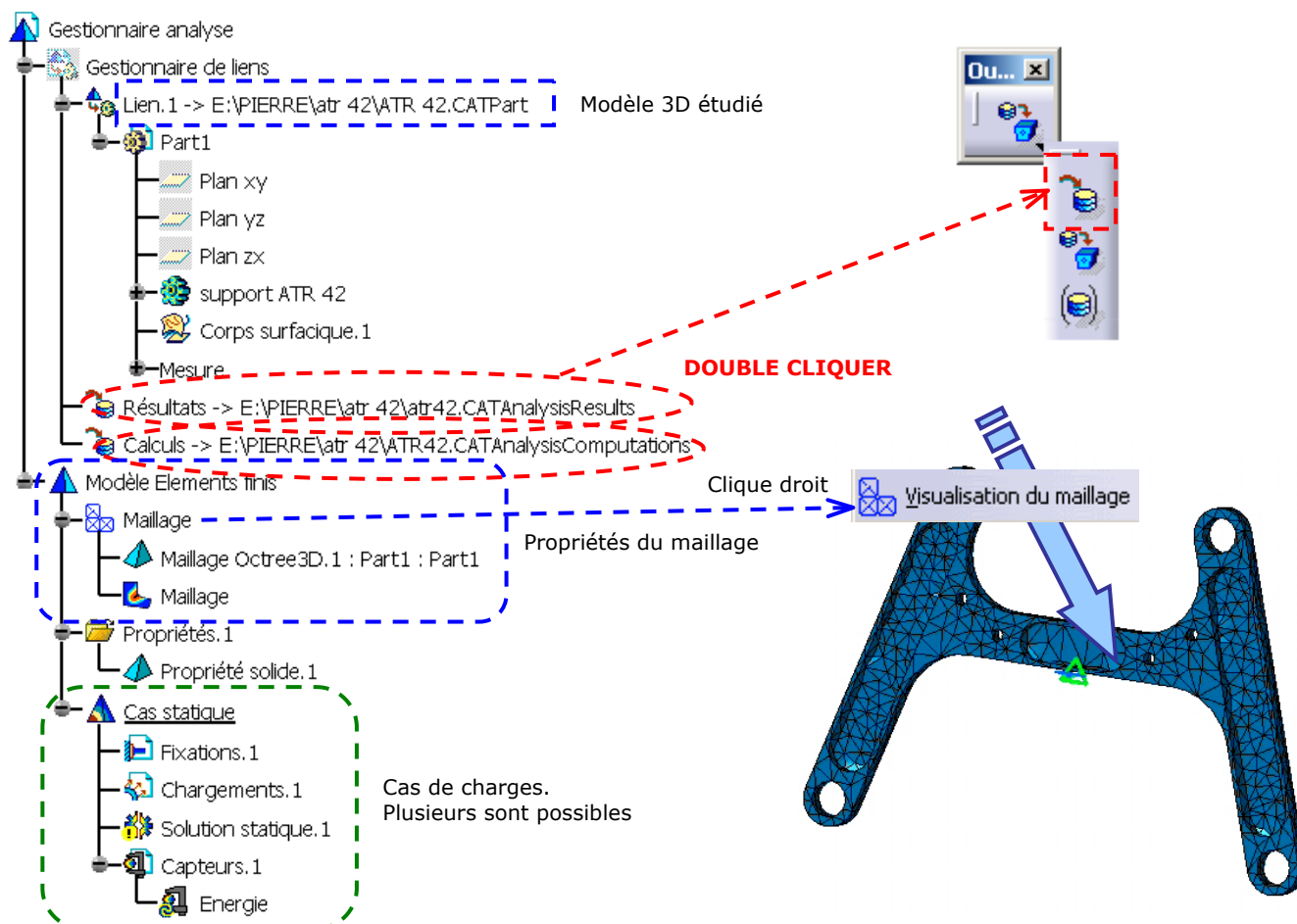
# I. PRÉLIMINAIRES

## 1- Modification des options :

- outils \ options \ général \ affichage \ apparence de l'arbre : **ACTIVER** la visualisation du mode cacher\monter les objets
- outils \ options \ affichage \ navigation : **COLORIAGE** des faces et des arêtes
- outils \ options \ général \ paramètres et mesures \ unités : **CHOISIR** MPa pour les pressions



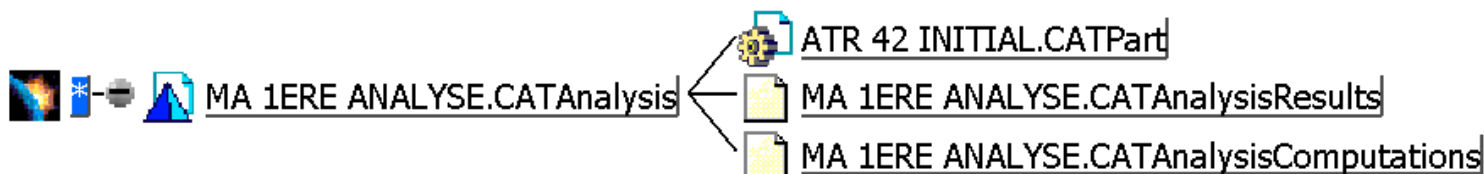
- **APPLIQUER** un matériau à la pièce. Et **VÉRIFIER** ses **propriétés**
- **LANCER** l'atelier : Generative Structural Analysis : Démarrer\ Analyse et Simulation\ Generative Structural Analysis
- **CHOISIR** un cas **d'analyse statique**



## 2- Modifications des répertoires de sauvegarde



- **CLIQUER** sur l'icône pour **MODIFIER** l'emplacement du répertoire de données temporaires (qui devra être vidé à la fin) : **INDIQUER** votre répertoire personnel.
- **DOUBLE CLIQUER** dans l'arbre sur les lignes **résultats** et **calculs** pour **MODIFIER** le lieu de stockage de ces données. En effet à la vue de la taille des fichiers générés, il est nécessaire d'avoir une bonne gestion de l'espace disque.
- NB : **UTILISER** la commande **gestion des enregistrements** pour sauvegarder tous vos documents ouverts et pointés.





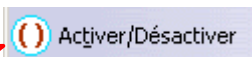
## II. MAILLAGE

En fonction de la plus grande longueur de la pièce, CATIA propose une taille pour maillage. La pièce est découpée en tétraèdres **LINÉAIRES** ou **PARABOLIQUES**.

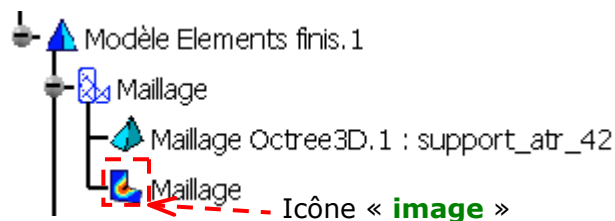
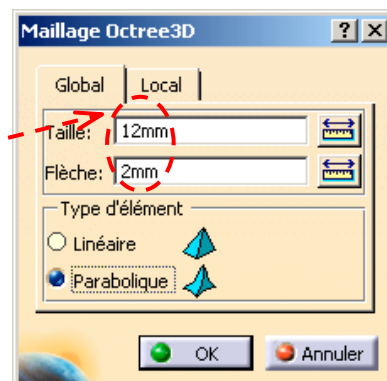
1. **CLIQUER** sur « **maillage** », menu contextuel, **AFFICHER** le maillage.  
**OK.**

2. **MODIFIER** la taille du maillage en double cliquant dans l'arbre sur le maillage **octree3D.1**. **VISUALISER** le maillage modifié.

3. **DÉSACTIVER** le maillage.



Menu contextuel sur l'**image** du maillage



## III. PIÈCES VIRTUELLES

Les **pièces virtuelles** sont des structures créées **SANS SUPPORT GÉOMÉTRIQUE**. Elles représentent des corps pour lesquels aucun modèle géométrique n'est disponible mais qui jouent un rôle dans l'analyse structurelle d'une pièce ou d'un système d'assemblage.

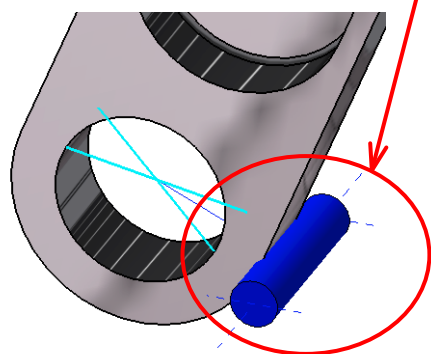
Les **pièces virtuelles** sont utilisées pour **TRANSMETTRE** une action à distance. Elles peuvent donc s'apparenter à des **corps rigides**, sauf dans le cas où une flexibilité ponctuelle est explicitement introduite au moyen d'un élément de **type ressort**.

## IV. MODÉLISATION DES LIAISONS

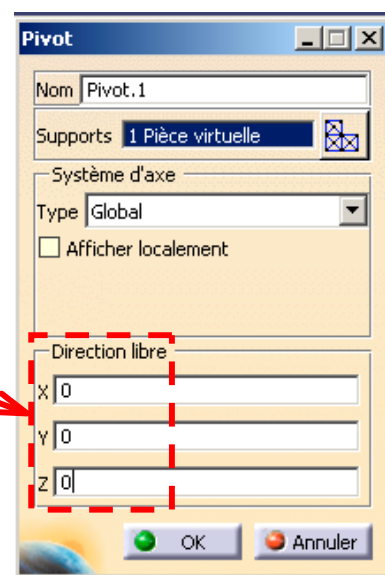
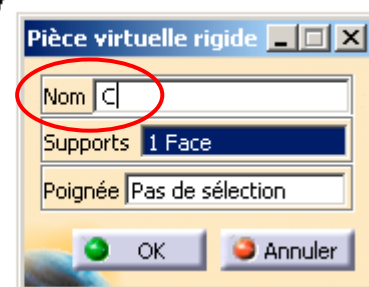
1. **CRÉER** une **pièce virtuelle rigide** pour réaliser les articulations en C et D.

2. **MODÉLISER** une **liaison pivot** sur la pièce virtuelle

**RENOMMER** la pièce virtuelle du nom de l'articulation correspondante

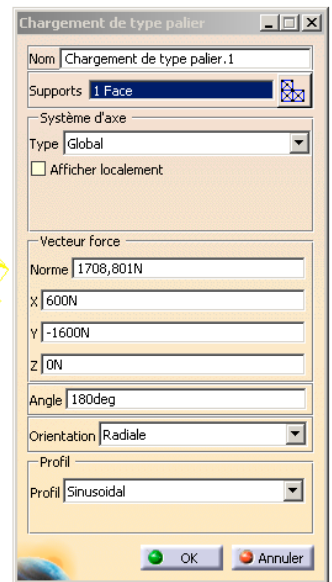
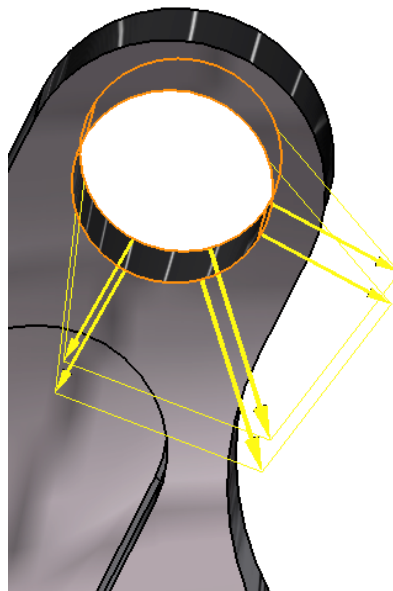


**TAPER** « 1 » sur la direction correspondant à l'axe de la rotation



## V. MODÉLISATION DU CHARGEMENT

1. **CRÉER** un **chargement de type palier** pour modéliser la répartition des efforts en A et B.
2. **RENOMMER** les chargements de type palier.

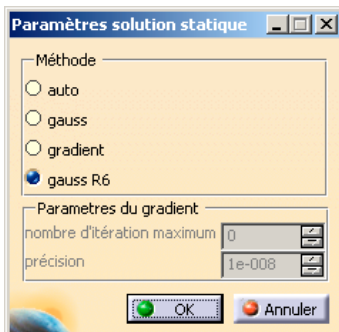


## VI. ANALYSE DES RÉSULTATS

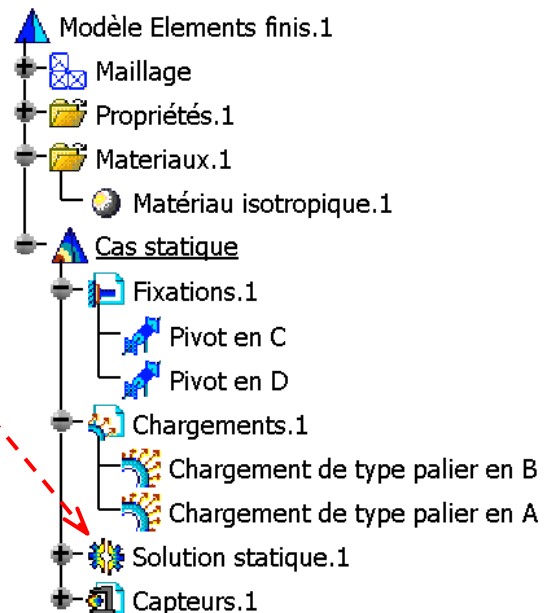
1. **CHOISIR** les paramètres de solutions statiques de résolution en double-cliquant sur **la solution statique.1**.



**LANCER** le calcul



**CHOISIR** la méthode de Gauss



### Méthode :

- **auto** : une des trois méthodes ci-après est calculée automatiquement
- **gauss** : méthode directe, recommandée pour le calcul de modèles petits/moyens
- **gradient** : méthode de résolution itérative économe en mémoire mais pas en temps CPU, recommandée pour le calcul de modèles volumineux.
- **gauss R6** : méthode Gauss rapide recommandée pour le calcul de modèles de grande taille

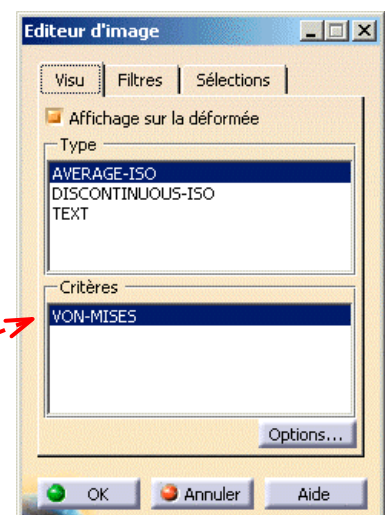
#### Paramètres du gradient

- nombre d'itération maximum
- précision

2. Vous pouvez **VISUALISER** les images de résultats de différentes manières en modifiant les modes de vue personnalisés. Pour ce faire, dans le menu **Affichage**, **CHOISIR Style de rendu** -> **Vue personnalisée**. **COCHER** la case **matériaux**.

3. **CLIQUER** sur l'icône  pour visualiser le critère de Von Mises.

4. **CLIQUER** deux fois sur l'objet **Contrainte de Von Mises** dans l'arbre de spécifications pour modifier l'image.







5. **GÉNÉRER** des images : clic droit sur **solution statique.1**. ----->

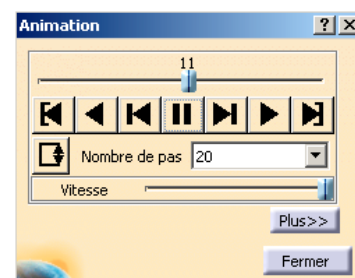
 Génération d'image

6. **DÉTERMINER** le déplacement maxi en générant l'image de la norme de la

**translation des nœuds**, puis en cherchant le maximum : .

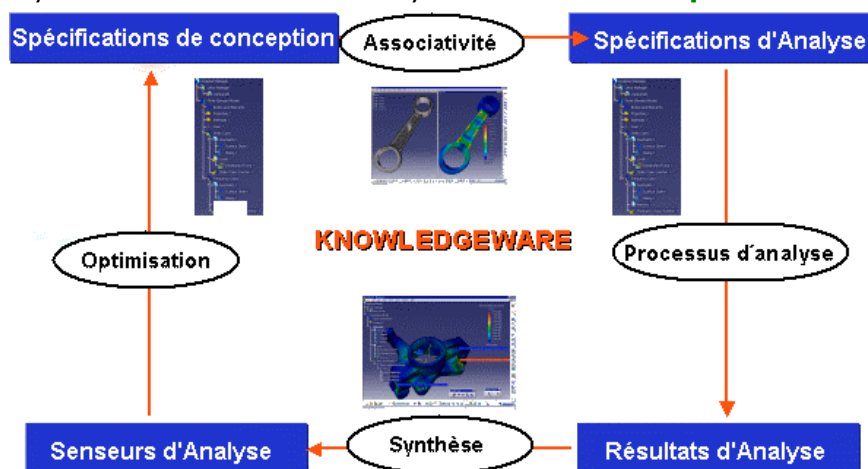
7. **ANIMER** cette image . **VISUALISER** la déformée : ----->

8. **UTILISER** cet icône  pour avoir des renseignements sur le critère de Von Mises : **CLIQUER** le critère de Von Mises dans l'arborescence.



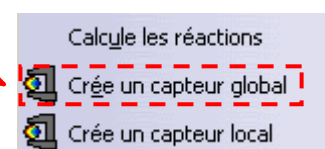
Un capteur est la sortie physique d'un calcul, éventuellement limitée à une zone locale, à laquelle peut être appliqué un post-traitement.

Vous pouvez obtenir une synthèse des résultats d'analyse en créant des **capteurs**.

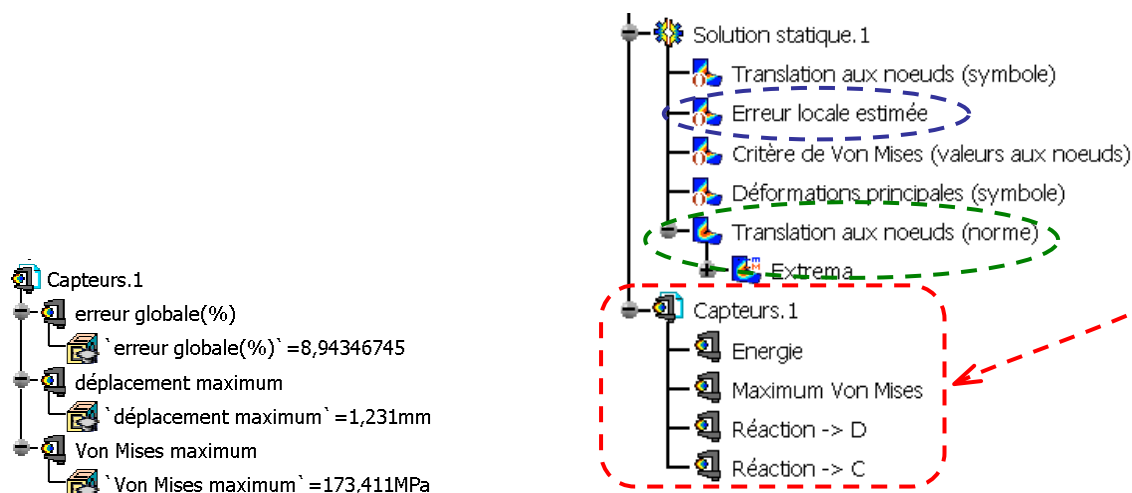


9. Pour le maillage créé de façon automatique, **CRÉER** des **capteurs globaux** pour **DÉTERMINER** :

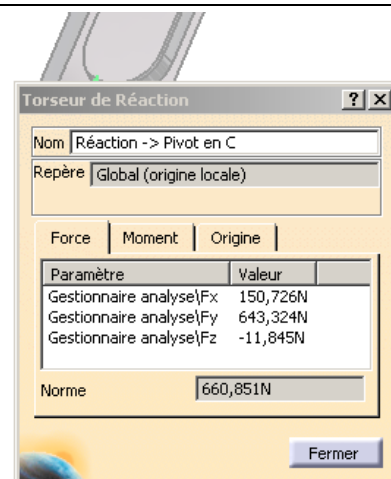
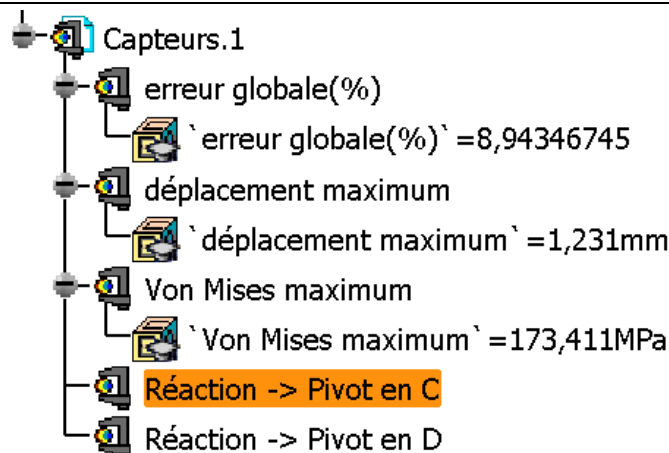
- Le déplacement maxi,
- la contrainte de Von Mises maxi
- l'erreur globale



Le capteur peut être mis à jour et permet de suivre l'évolution de la donnée à chaque nouveau calcul ou nouvelle modélisation.



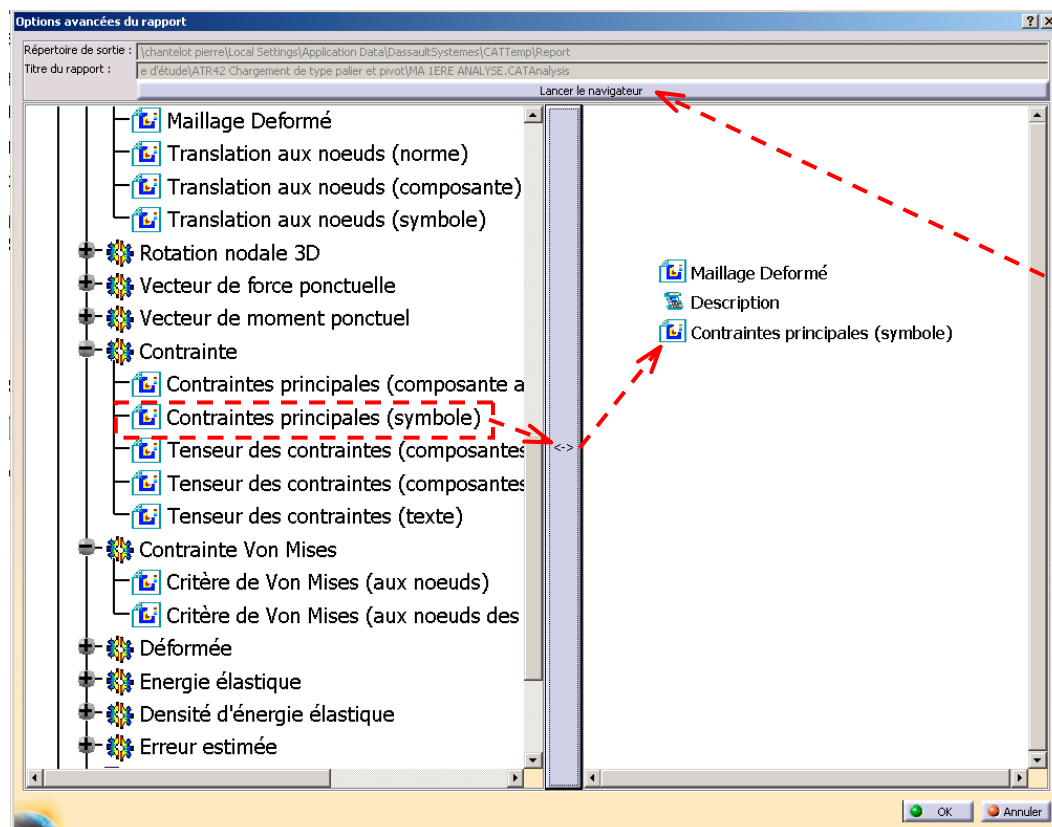
**10. DÉTERMINER** les réactions en C et D.



**11. FAIRE** varier la taille du maillage (taille 10mm, flèche de 1mm, éléments paraboliques) et **CONSTATER** l'évolution du pourcentage d'erreur globale et des autres capteurs. **CONCLURE**.

**12. CRÉER** un rapport de votre analyse. **MODIFIER** le répertoire d'enregistrement du rapport.

**13. CLIQUER** sur l'icône **génération du rapport** pour paramétrer votre rapport d'analyse si ce dernier ne contient pas toutes les informations désirées.



Permet d'avoir un aperçu du futur rapport



**APPELER** le professeur pour validation

□□□

## VII. CALCUL D'ADAPTIVITÉ

Dans un ordre d'élément constant, le maillage est affiné de manière sélective (la taille de l'élément est réduite) de manière à obtenir la précision souhaitée pour un résultat. Les critères d'affinement de maillage sont fondés sur la technique d'**estimation prédictive des erreurs** qui consiste à déterminer la répartition d'un champ d'estimation d'erreur locale pour un cas.

Par conséquent, l'utilisation de la méthode **adaptive** permet de réduire les coûts en termes de mémoire et de temps.

L'adaptivité locale permet de **DENSIFIER** le maillage **localement** sur des sommets, arêtes, faces ou groupes pour diminuer l'erreur courante.

## VIII. DIMINUTION DE L'ERREUR LOCALE

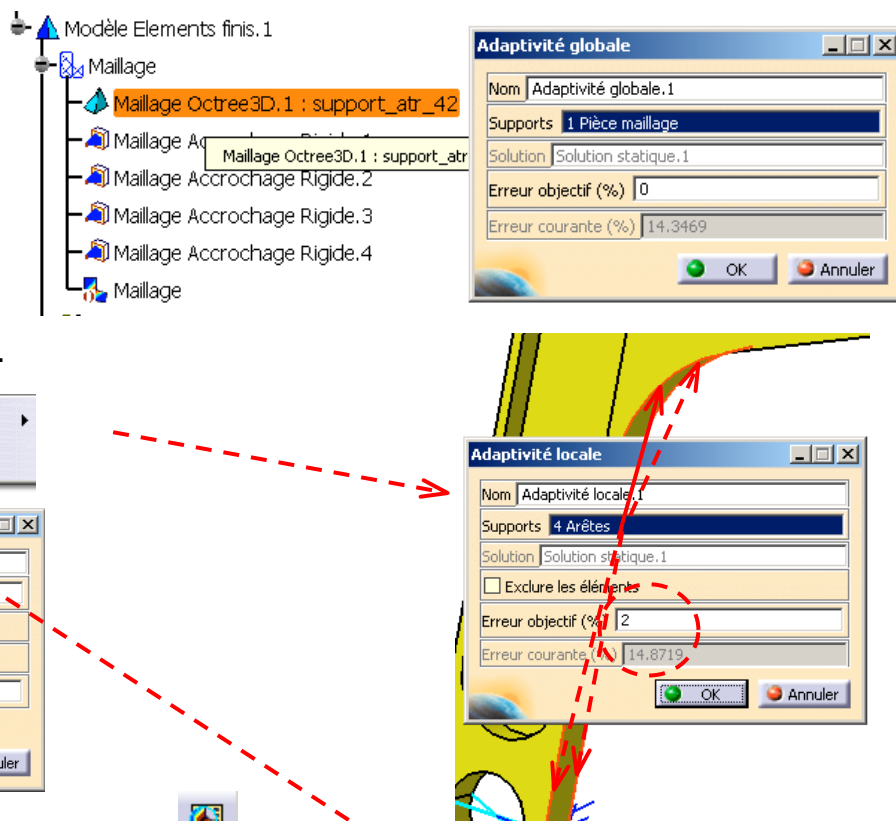
Pour la création de spécifications d'adaptivité locale : une adaptivité globale doit avoir été définie.

2. **CLIQUER** sur l'icône **Entité**

**adaptive** et  
**SÉLECTIONNER** le maillage.

3. **ENTRER** la valeur souhaitée dans le champ **Erreur objectif (%)** : 7%.  
**CLIQUER** sur **OK**.

4. **CLIC** droit sur l'**adaptivité globale** pour créer une entité adaptative locale.



5. **LANCER** le calcul avec l'icône **calcul d'adaptivité** et **CHOISIR** un nombre d'itérations égal à 3.

6. **METTRE** à jour les capteurs.

7. **VÉRIFIER** l'erreur courante de la boîte précédemment créée. **CONCLURE**

Le maillage a été **densifié** pour **DIMINUER** l'erreur globale avec un objectif de 7% sur **tout le maillage** de la pièce et en même temps **localement** avec un objectif de 2%.

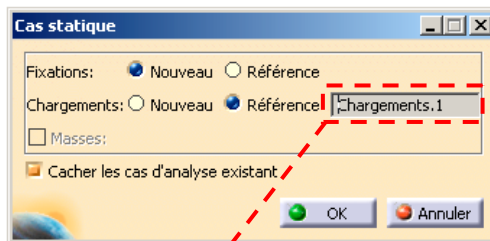
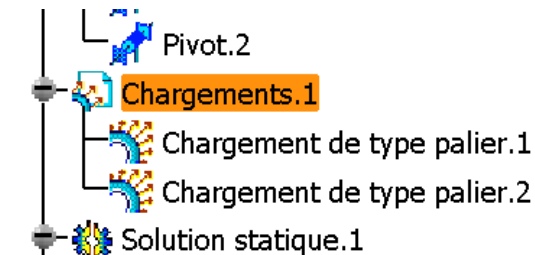
8. **CLIQUER** sur l'icône  pour **SUPPRIMER** les fichiers de résultats et/ou de calculs.

## IX. COMPARAISON DE CAS STATIQUES

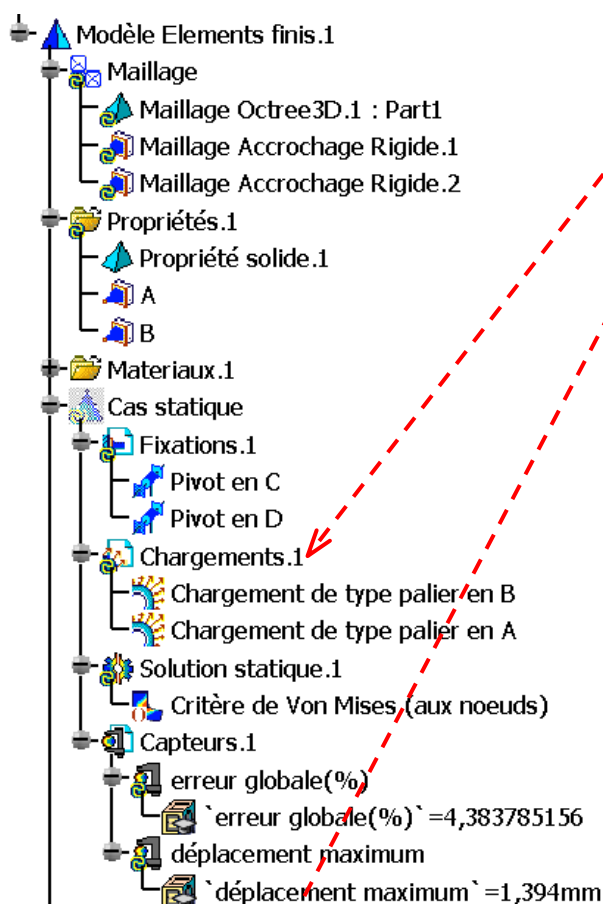
L'insertion d'un nouveau cas statique permet de **CRÉER** des jeux d'objets pour les nouvelles spécifications d'environnement et de **DEMANDER** implicitement une procédure solution statique pour le calcul de la réponse du système aux chargements statiques appliqués en fonction des contraintes.

Le 2<sup>ème</sup> cas d'étude va nous permettre de changer les **conditions aux limites** tout en conservant la **modélisation du chargement**.

### 1. **SÉLECTIONNER** le menu **Insertion -> Cas statique**

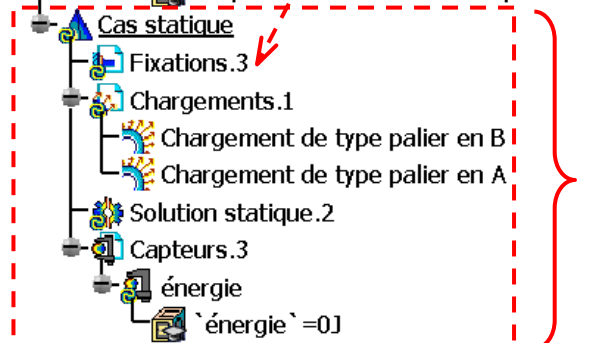
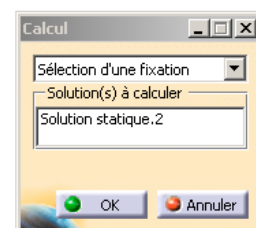
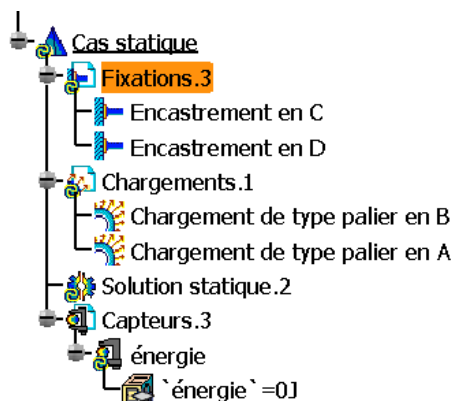


2. **GARDER** le chargement déjà mis en place : **CLIQUER** sur **chargements.1** dans l'arborescence



3. **MODÉLISER** de nouvelles conditions aux limites : encastrement des **pièces virtuelles**

4. **LANCER** le calcul :  
 • Sélection d'une fixation : **CHOISIR** la **solution statique.2**



Nouveau cas statique créé qui utilise le **chargements.1** déjà mis en place précédemment

5. Pour **PASSER** d'un cas d'étude statique à un autre, **CLIQUER** sur **cas statique**, menu contextuel, **mettre le Case en cours**.

Mettre le Case en cours


## X. TABLEAU COMPARATIF DES RÉSULTATS

**Question 1:** **PRÉSENTER** un tableau comparatif des **différents cas** d'étude selon les critères suivants :

- Méthode choisie pour le calcul du cas statique étudié
- Nombre de nœuds
- Nombre d'éléments
- Taille globale du maillage
- Flèche absolue globale du maillage
- Les composantes efforts et des moments aux points C et D :  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  et  $M_z$
- Erreur globale
- Le déplacement maximum
- Von Mises Maxi

## XI. RECONCEPTION DU MODÈLE 3D

La limite élastique du matériau étant dépassée, il faut :

- **VÉRIFIER** que la modélisation proposée est correcte : erreur globale < 5% (aéronautique)
- **VÉRIFIER** que les conditions aux limites mises en place représentent au mieux la réalité
- **RECONCEVOIR** la pièce dans le but **d'augmenter** sa résistance mais aussi de **diminuer** sa masse .

## XII. SYNTHÈSE