

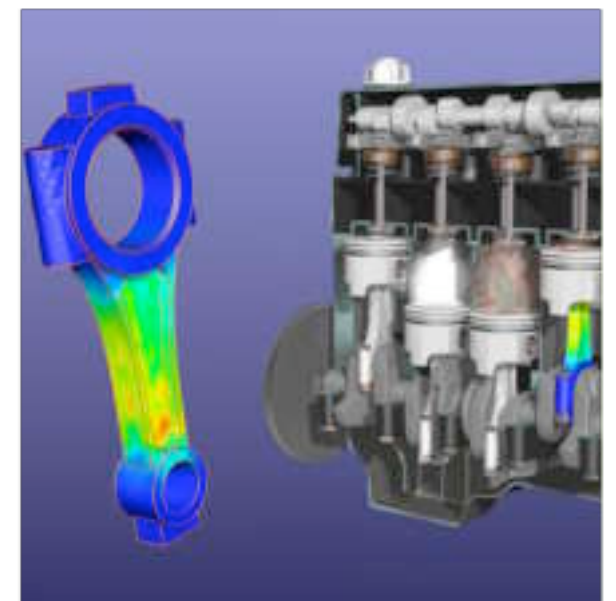
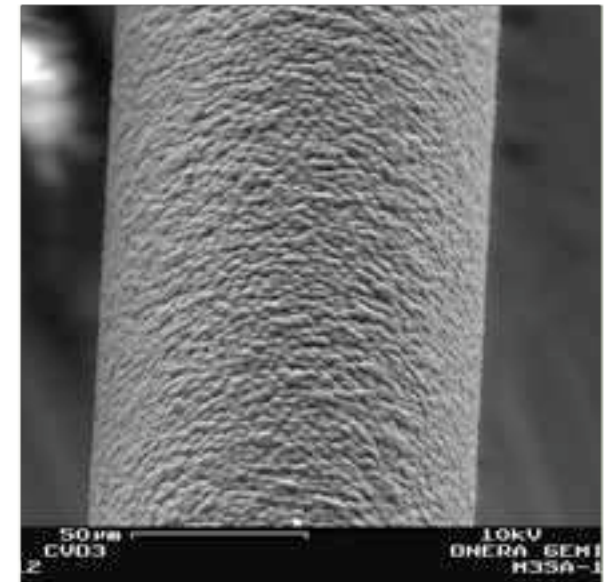
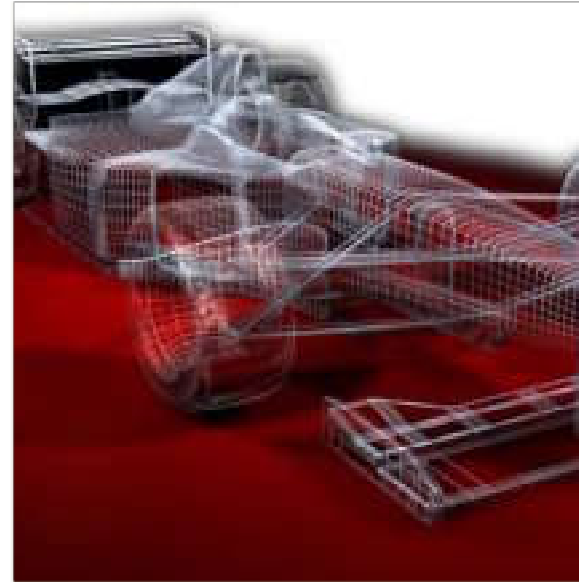


Outil de pré- dimensionnement en C.A.O.

Pierre-Alain BOUCARD



Licence professionnelle
CAO *DEV*





Pourquoi ???

Pour
dimensionner
les pièces !



Et éviter ça...

TACOMA NARROWS BRIDGE COLLAPSE

Length of center span	2800 ft
Width	39 ft
Depth of stiffening girders	8 ft
Start of construction	Nov. 23, 1938
Opened for traffic	July 1, 1940
Collapse of bridge	Nov. 7, 1940



Plan du cours

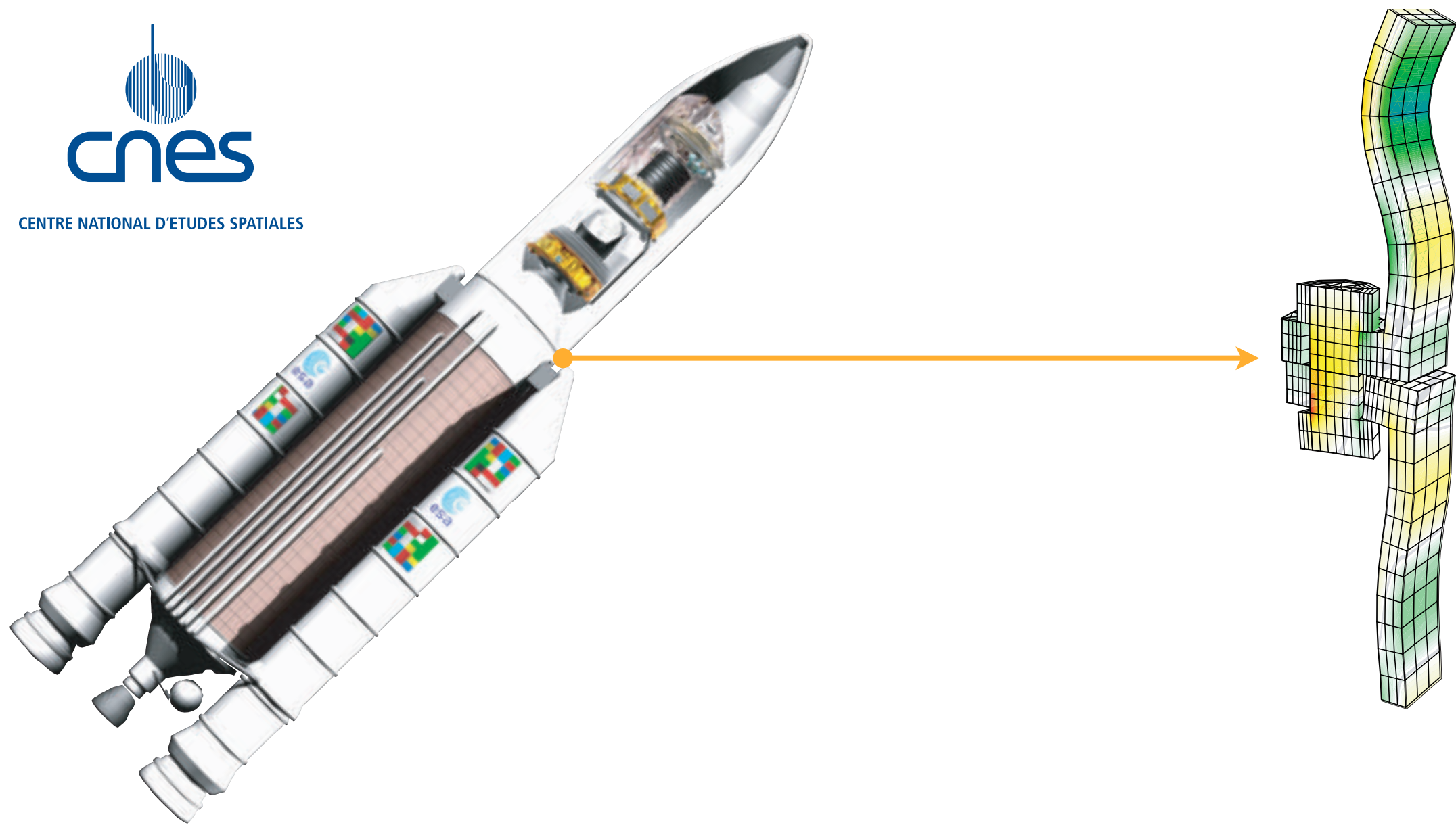
- ▶ 1. Quelques exemples de recherche en calcul des structures
- ▶ 2. Intégration CAO-Calculs dans l'entreprise
- ▶ 3. La calcul par éléments-finis : quelques idées et concepts
- ▶ 4. Les étapes à suivre dans un code de calcul
- ▶ 5. Analyse des résultats et dangers

I. Quelques exemples de recherche en calcul des structures

Séparation des étages du lanceur Ariane 5



CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES



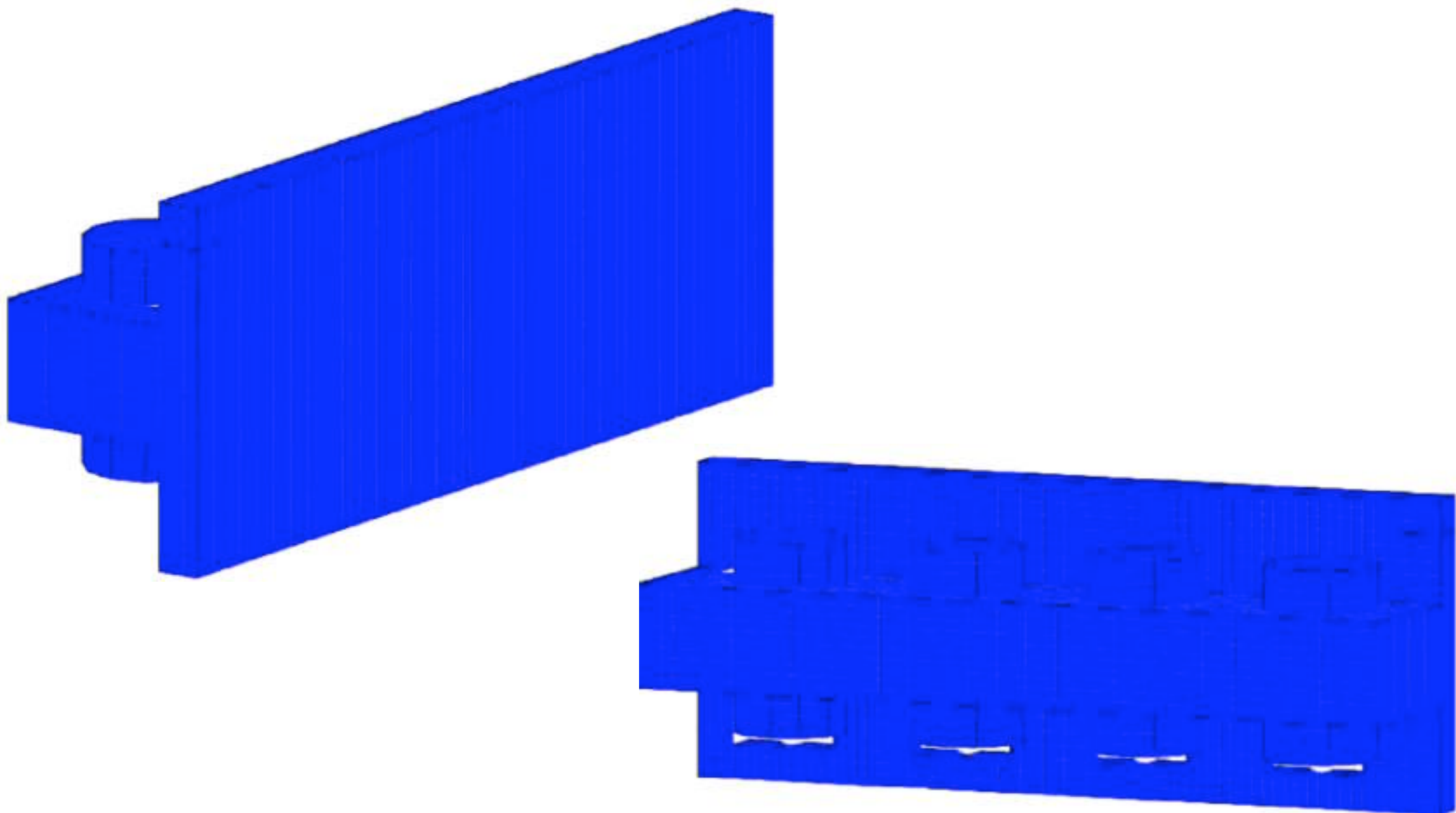
Séparation des étages du lanceur Ariane 5



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



Découpe par choc pyrotechnique



Découpe par choc pyrotechnique

- ▶ Utilisation d'un ordinateur parallèle
- ▶ 64 processeurs MIPS 32 bits - 450 MHz
- ▶ 24 Go de mémoire
- ▶ 400 Go de disque dur



SiliconGraphics
Computer Systems

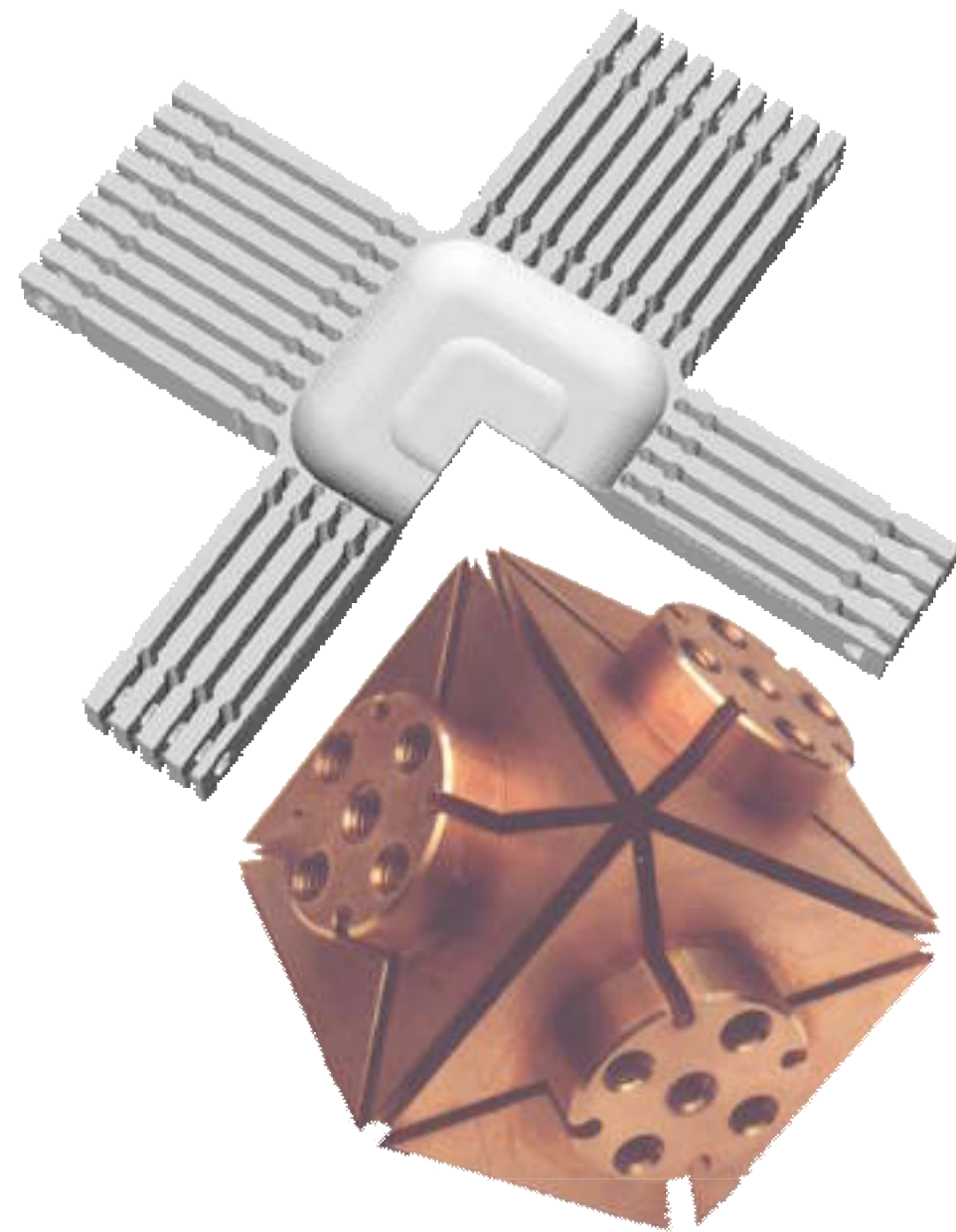
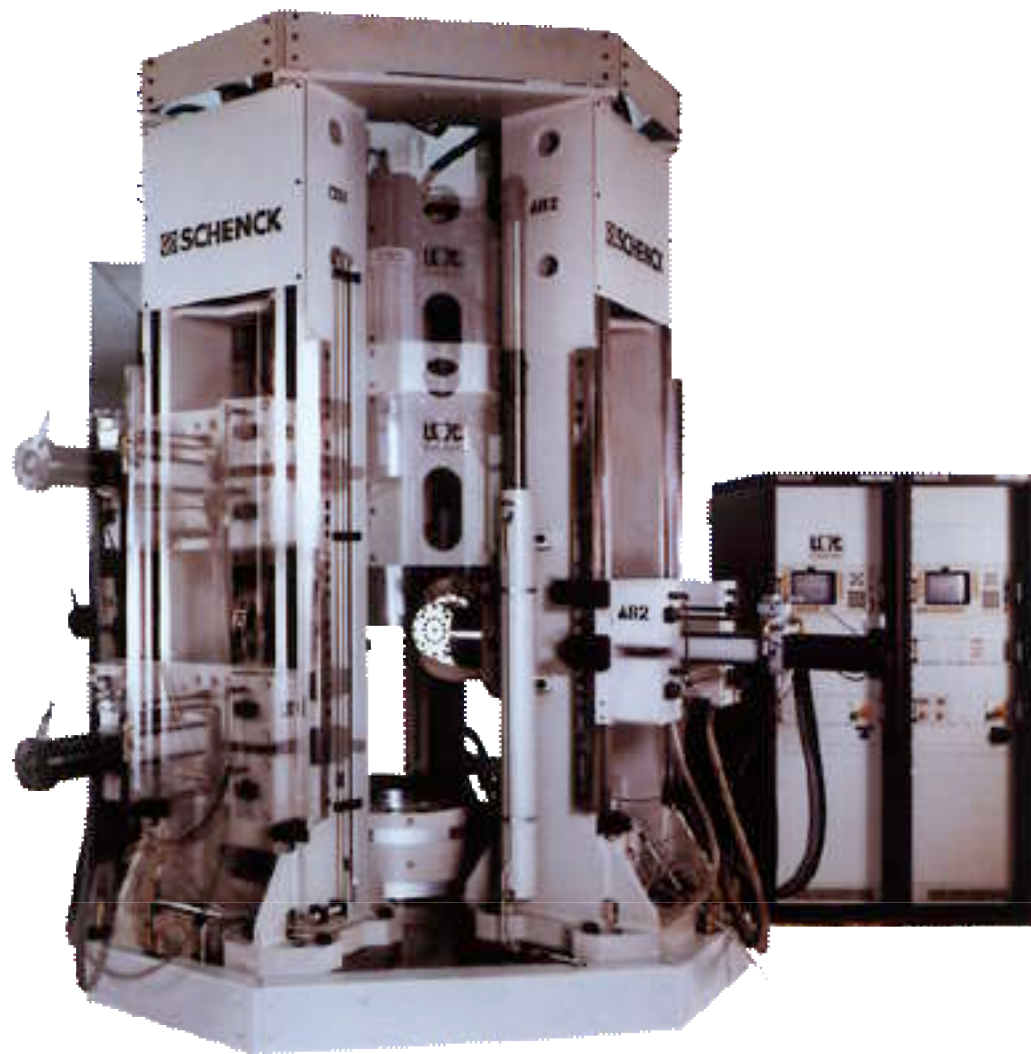
Découpe par choc pyrotechnique

- ▶ Nouvelle génération - TX7
- ▶ 32 processeurs Itanium 64 bits - 1,2 GHz
- ▶ 128 Go de mémoire
- ▶ 2 To de disque dur

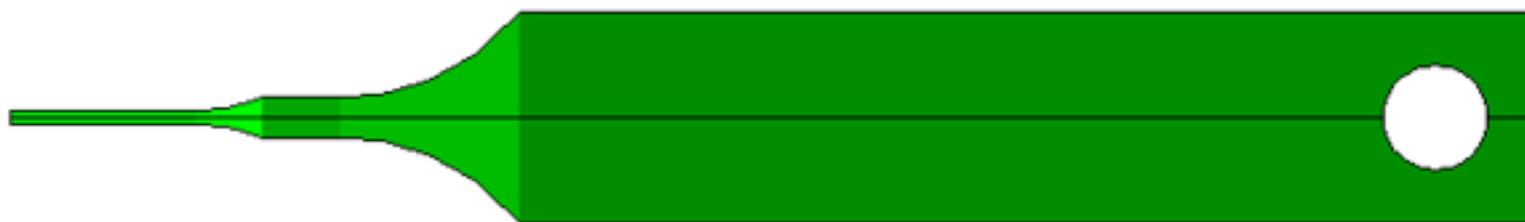
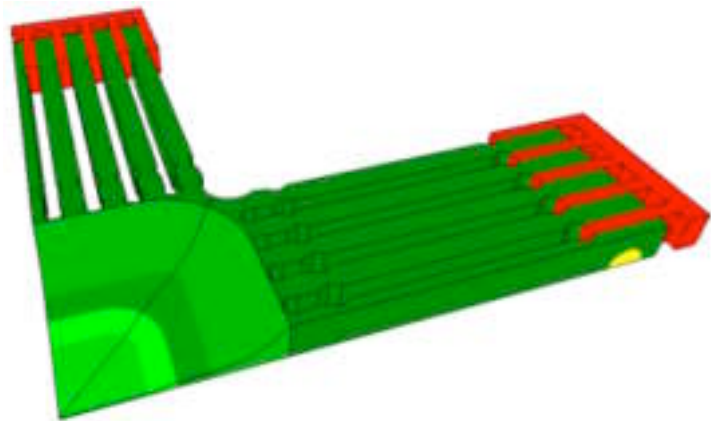
NEC



Essais bi et tri-axiaux

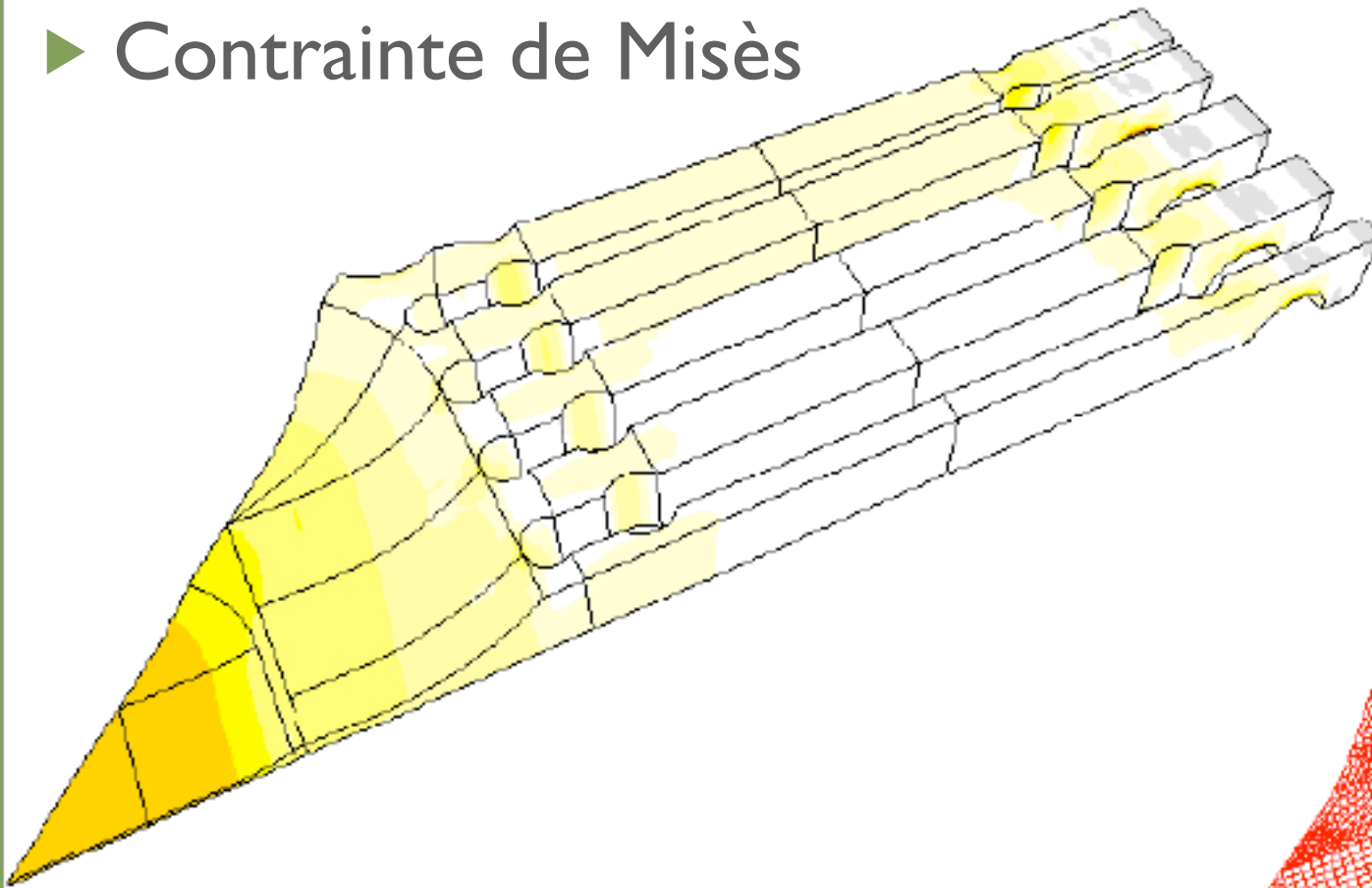


Essais bi et tri-axiaux

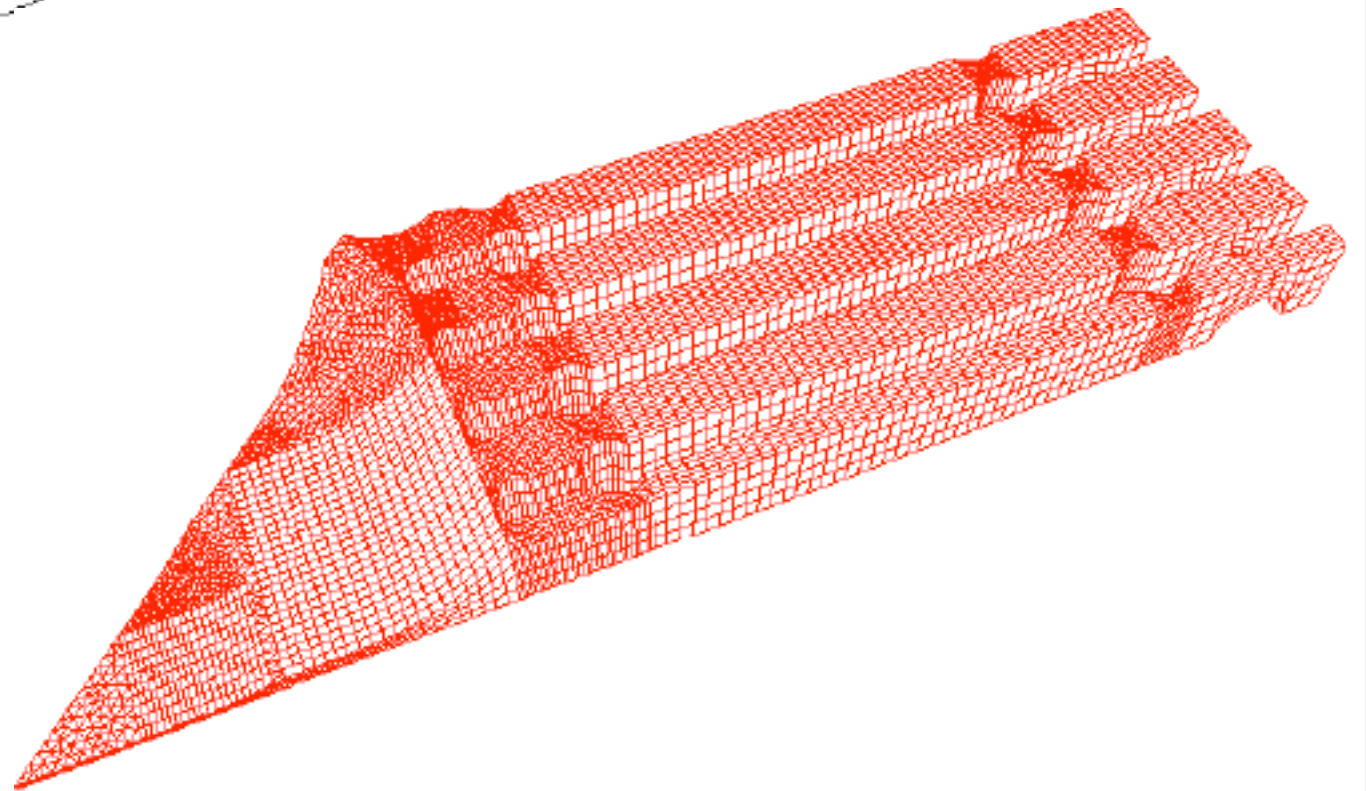


Essais bi et tri-axiaux

- Contrainte de Misès

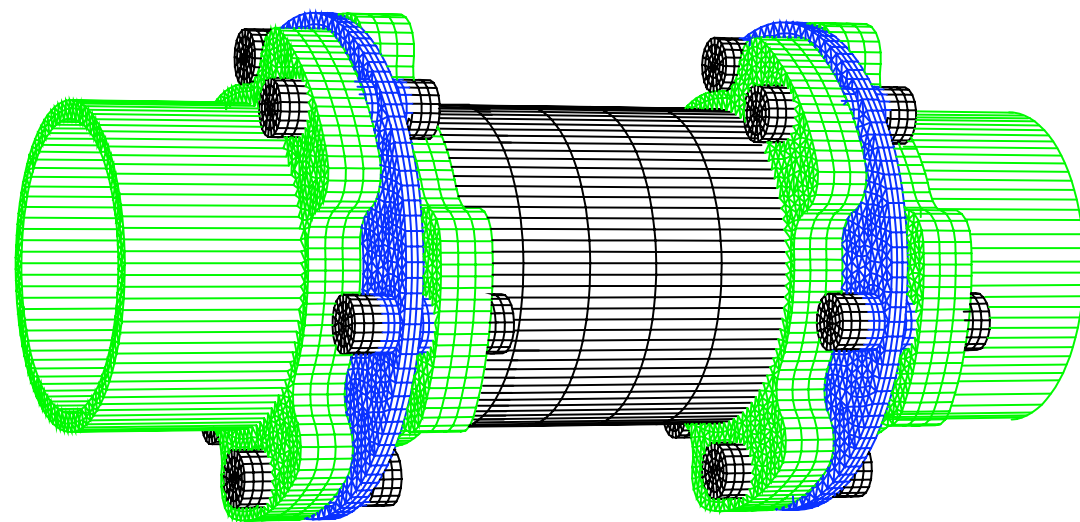


- Problème à 350 000 ddl



Étude d'un accouplement élastique

- ▶ Joint ROBA®-DS de la société Mayr
- ▶ Problème à 130 000 ddl
- ▶ Étude paramétrique : 99 configurations étudiées

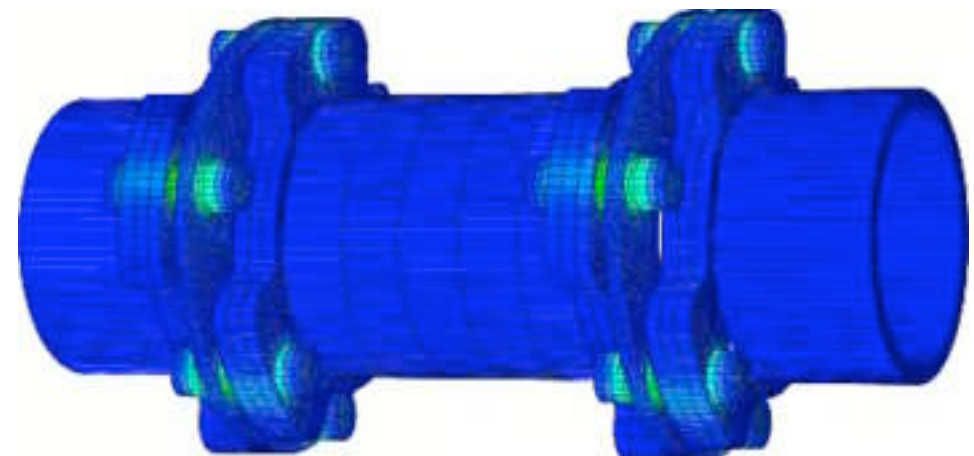
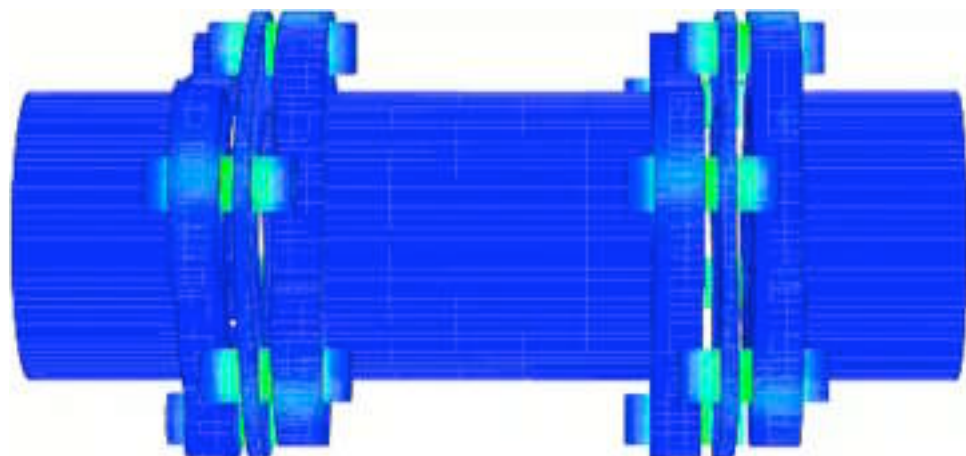


Étude d'un accouplement élastique

► Résultats (exemple)

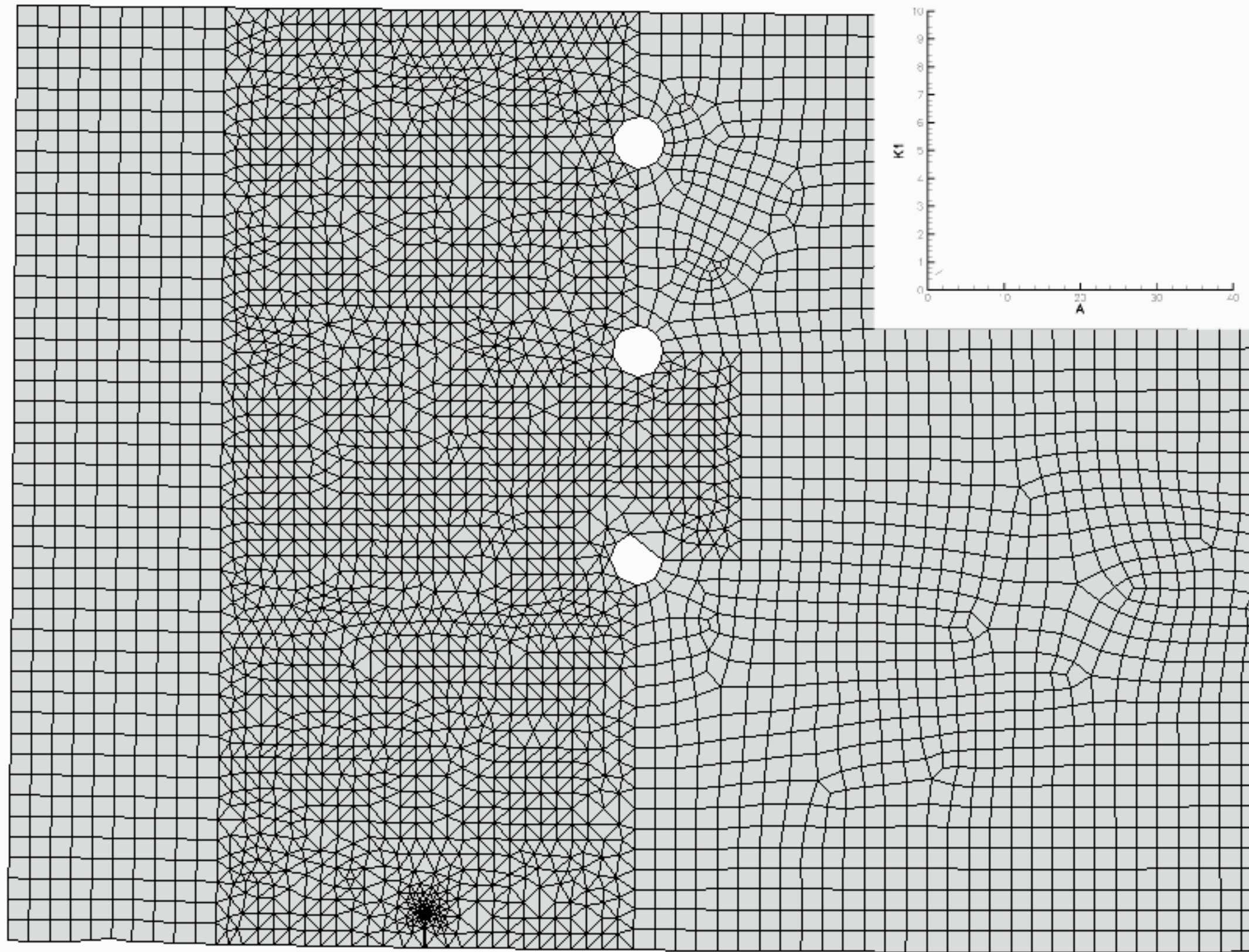


Temps horloge	s	h
Approche classique	451 440	125,7
Approche spécifique séq.	130 500	36
Approche spécifique //	14 500	4



Calcul de suivi de fissure

- ▶ Remaillage à chaque pas de calcul
- ▶ Transfert des données d'un maillage à l'autre...
- ▶ Réalisable en 2D : encore inaccessible en 3D !



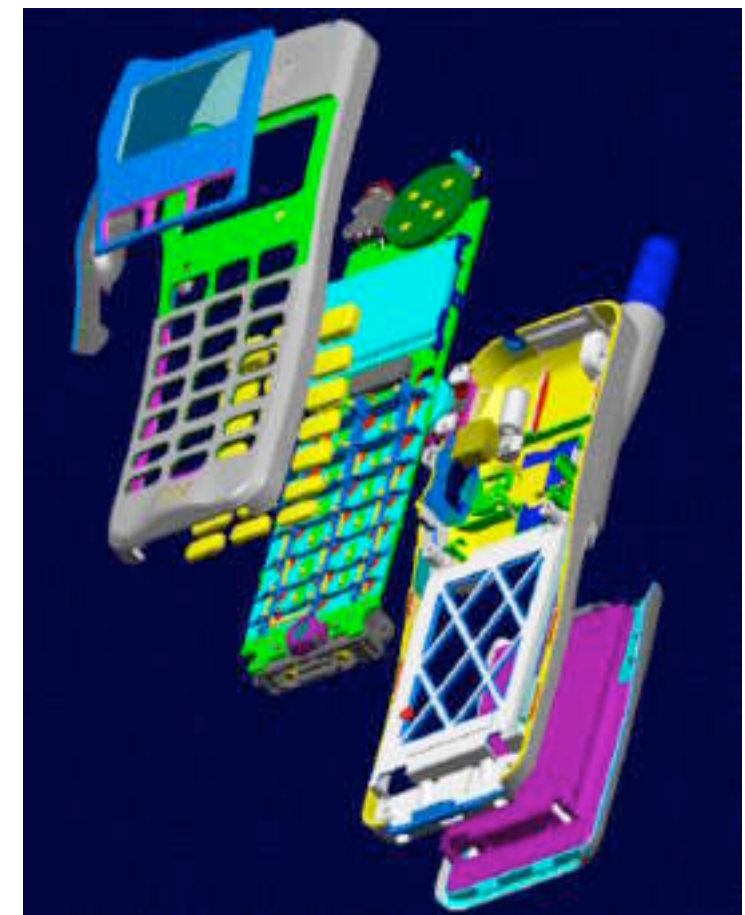
2. Intégration CAO-Calculs dans l'entreprise

Intégration CAO/Calcul

- ▶ Quatre exemples tirés du monde industriel
 - ▶ SONY : Téléphone Cellulaire
 - ▶ BRITISH AEROSPACE : Améliorer l'interface Design/Calcul
 - ▶ BOEING : Avions & Sous-Structures
 - ▶ ECIA : Support de sièges

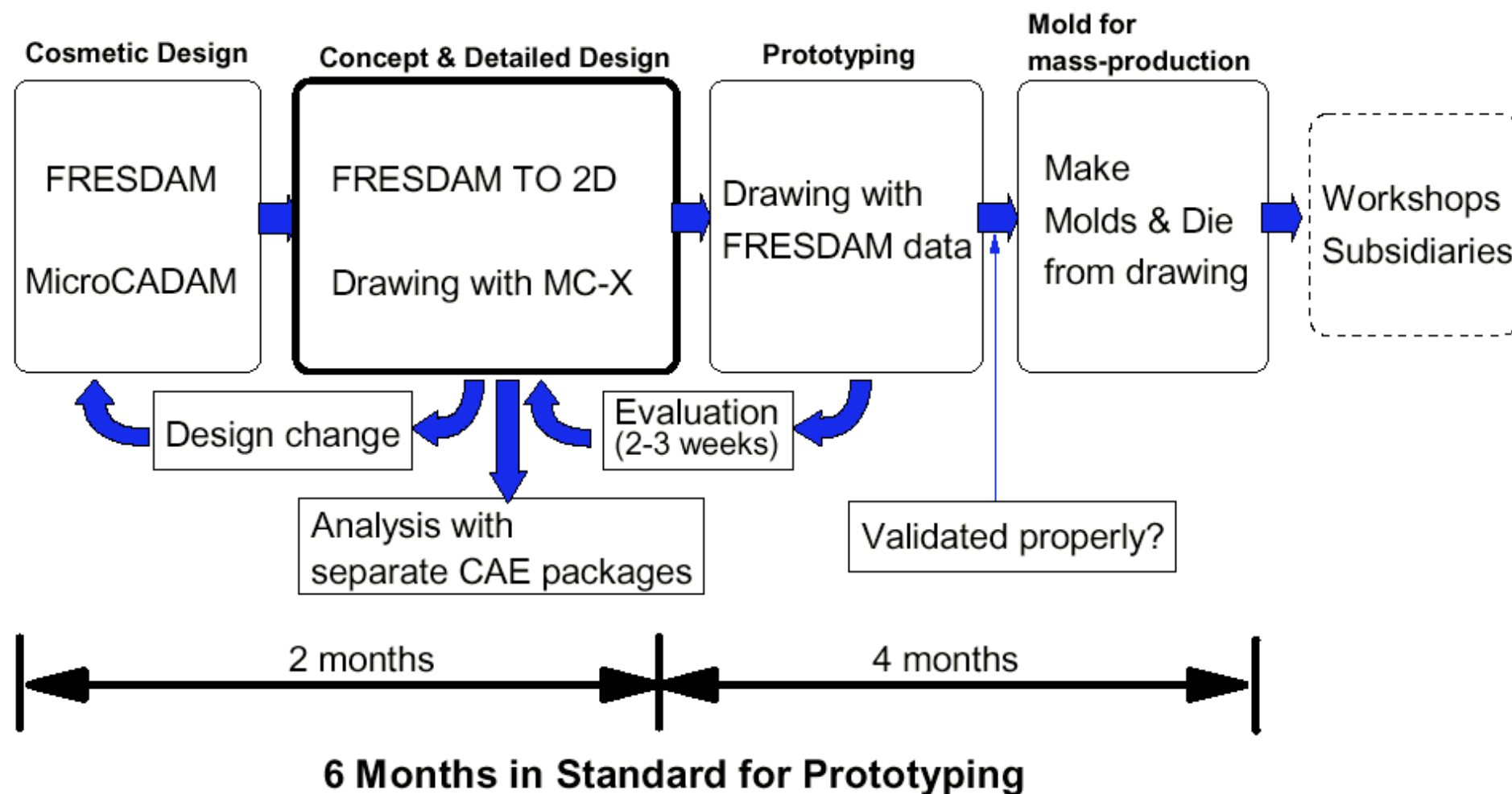
SONY : téléphone cellulaire

- ▶ SONY : Division PMC
 - ▶ Téléphone Portable
 - Faces avant/arrières
 - Analyse de σ (circuit imprimé)
 - Analyse du moulage (écoulement)
 - Composant ext.



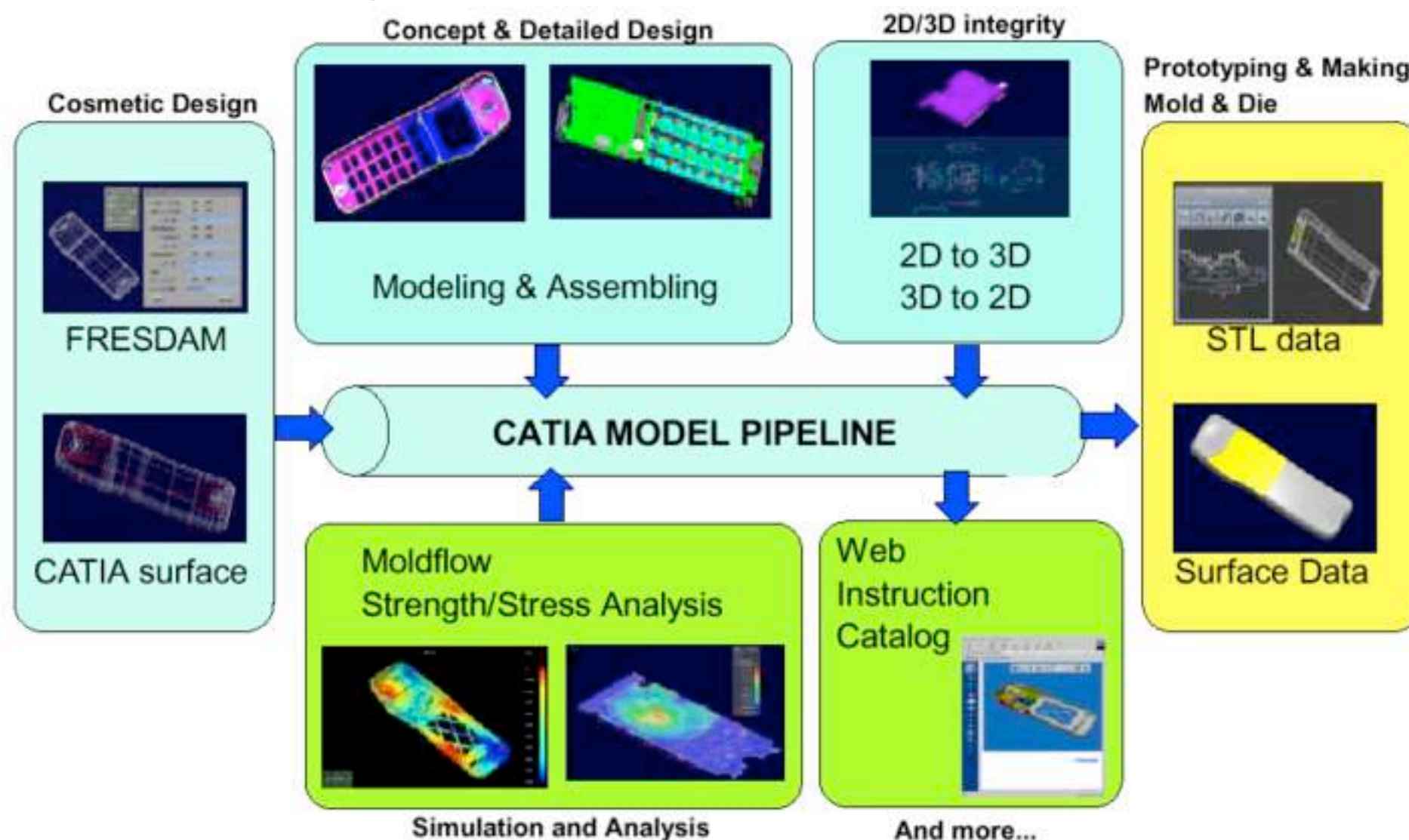
SONY : téléphone cellulaire

► Processus de conception



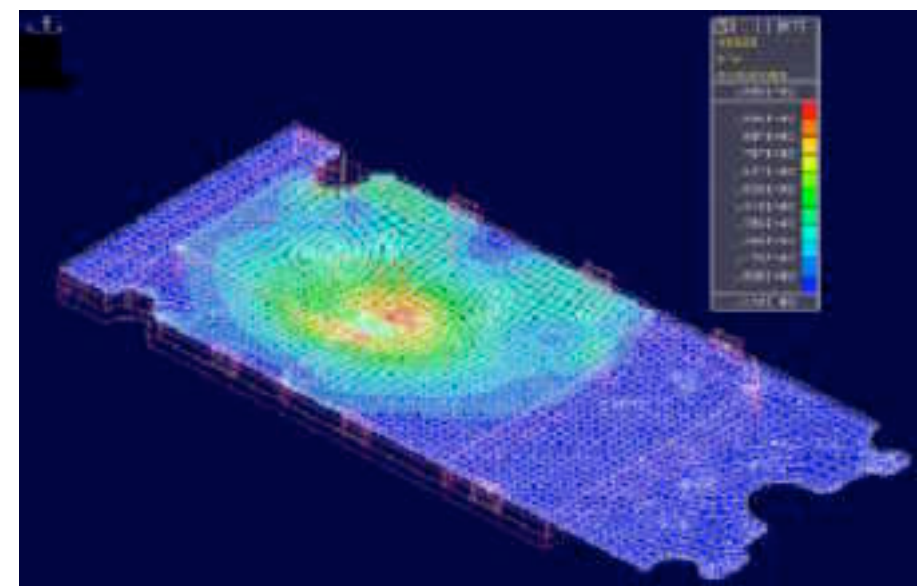
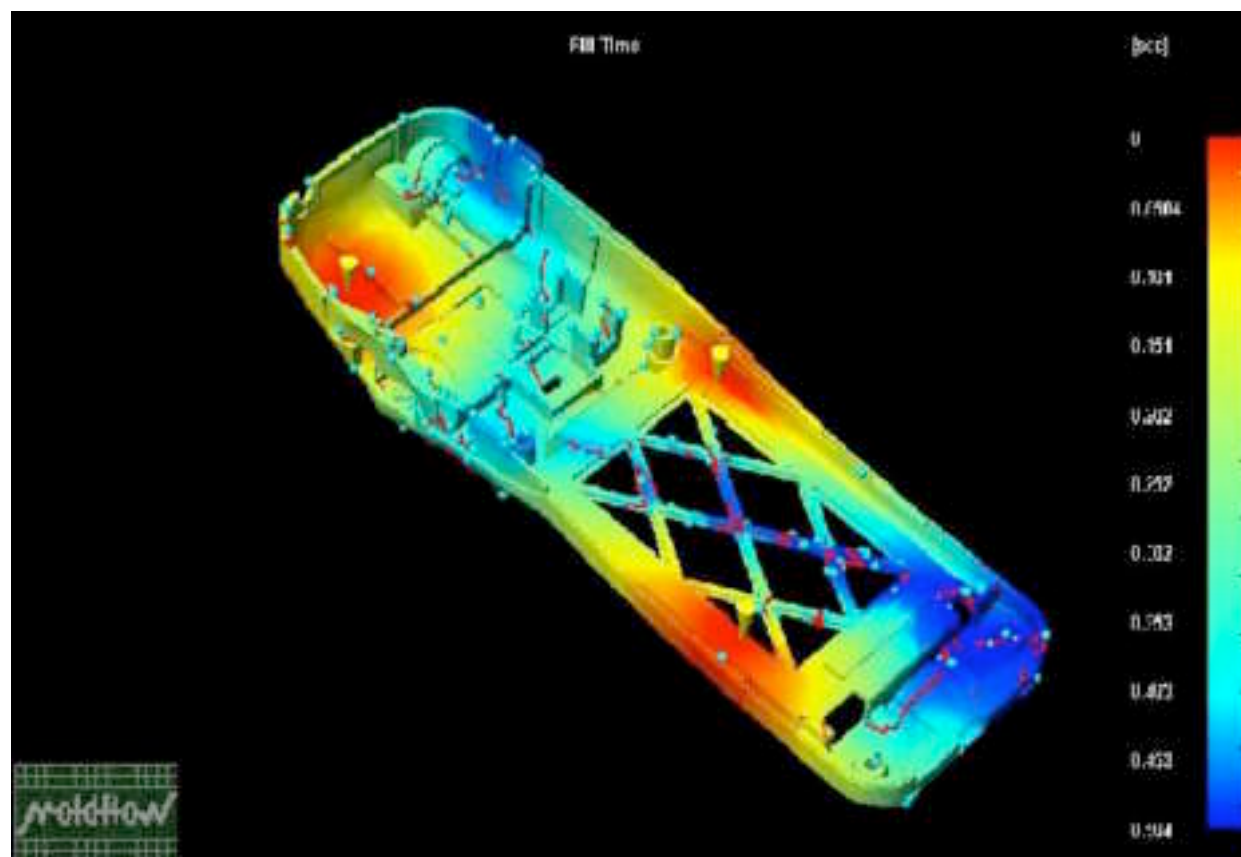
SONY : téléphone cellulaire

► Intégration d'un logiciel de C.A.O.



SONY : téléphone cellulaire

► Simulation numérique



Intégration chez BAe



- ▶ EF2000/TYPHOON
- ▶ NIMROD
- ▶ TORNADO
- ▶ GRIPEN
- ▶ HAWK
- ▶ HARRIER
- ▶ JAGUAR

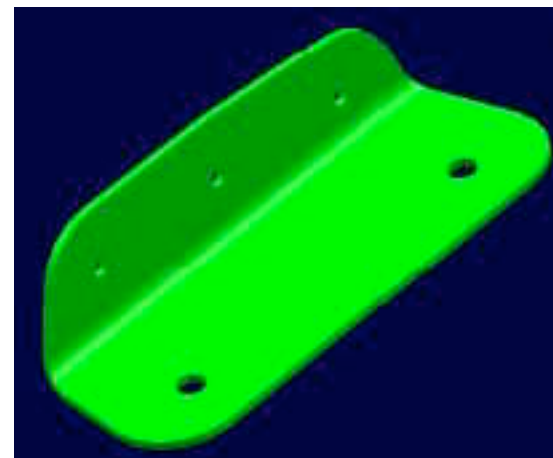
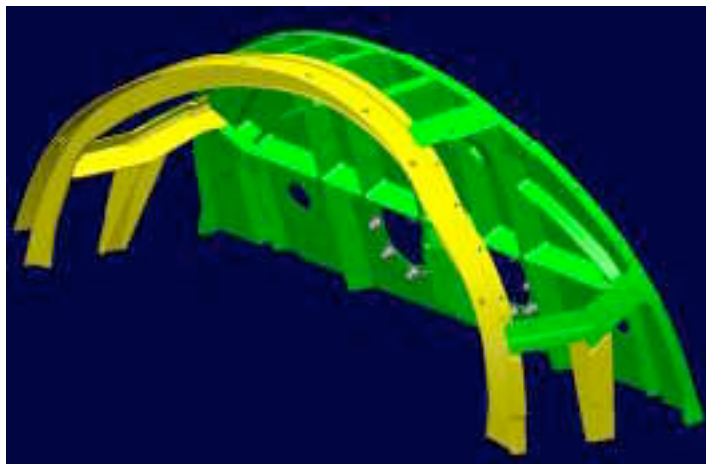
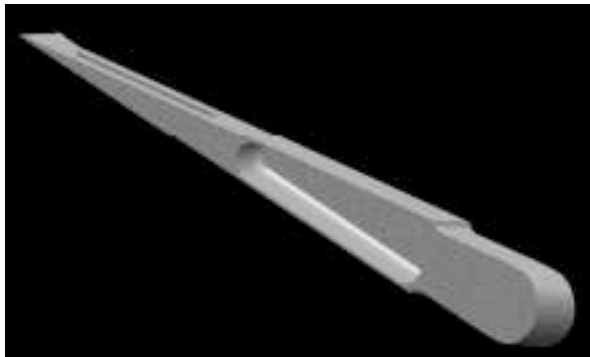


Intégration chez BAe

- ▶ But de l'intégration :
 - ▶ Développer des « ingénieurs concepteurs »
 - ▶ Rapprocher Conception/Structures
 - ▶ Optimiser les parties non critiques !
 - ▶ Utiliser au mieux les technologies existantes

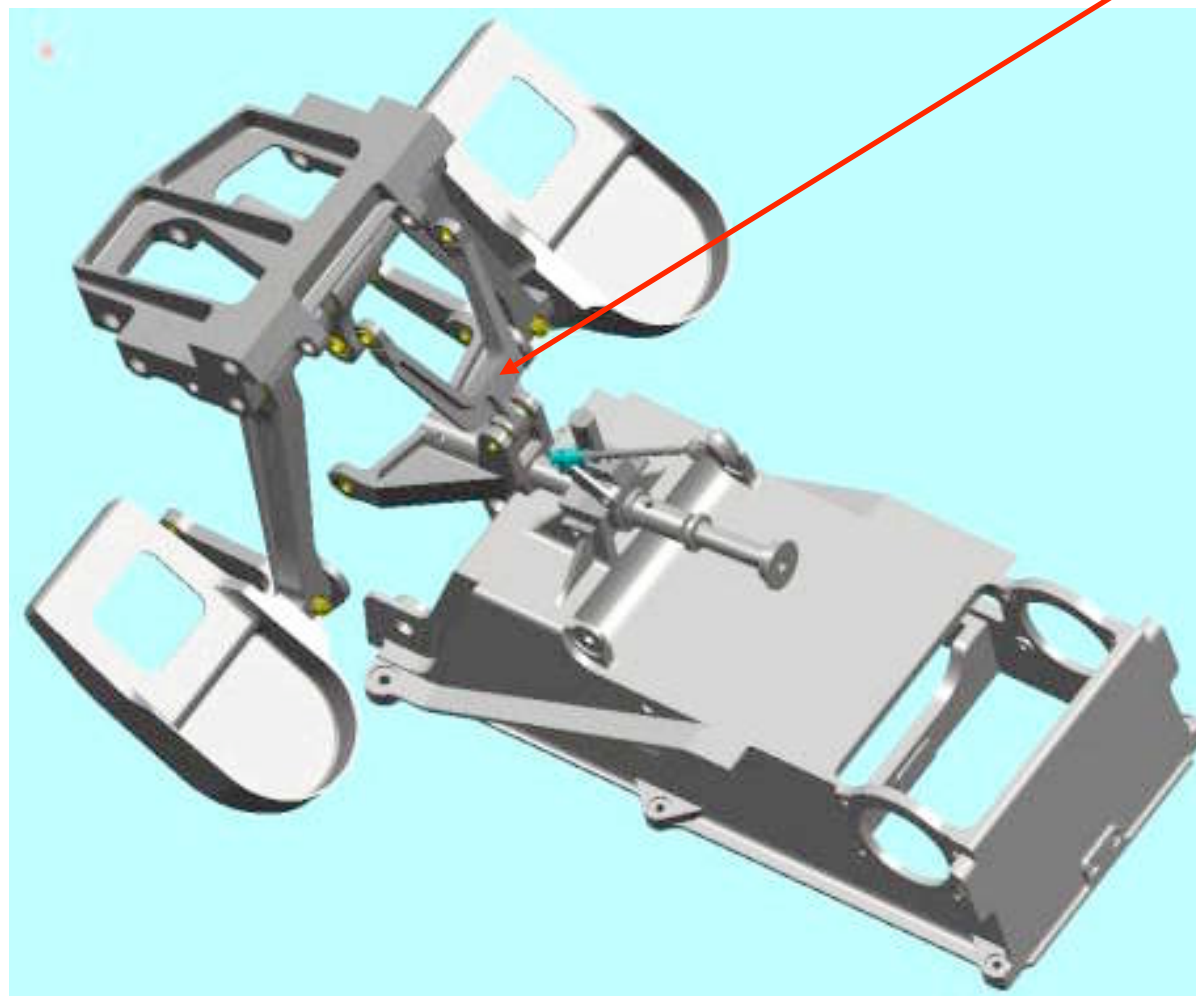
Intégration chez BAe

- Quand utiliser un outil de dimensionnement ?



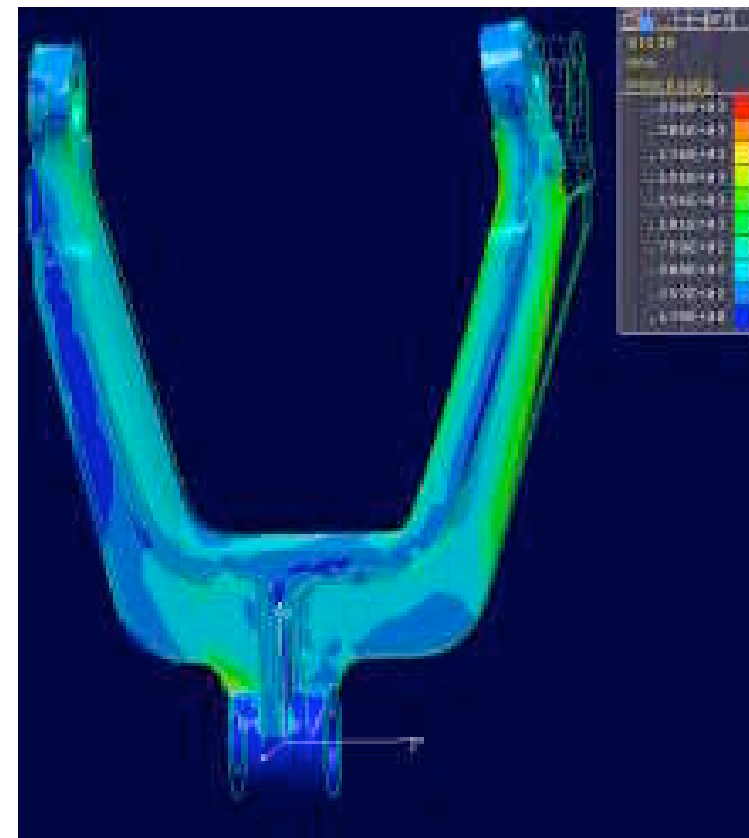
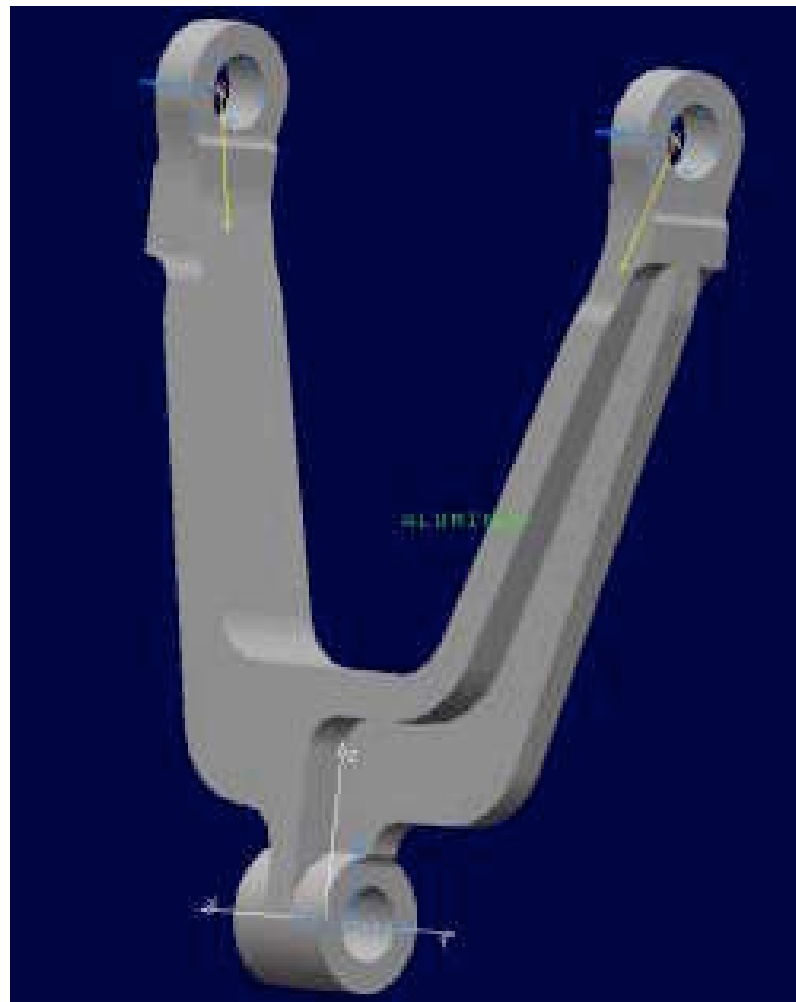
Intégration chez BAe

- Exemple sur une gouverne : dimensionnement du pédalier



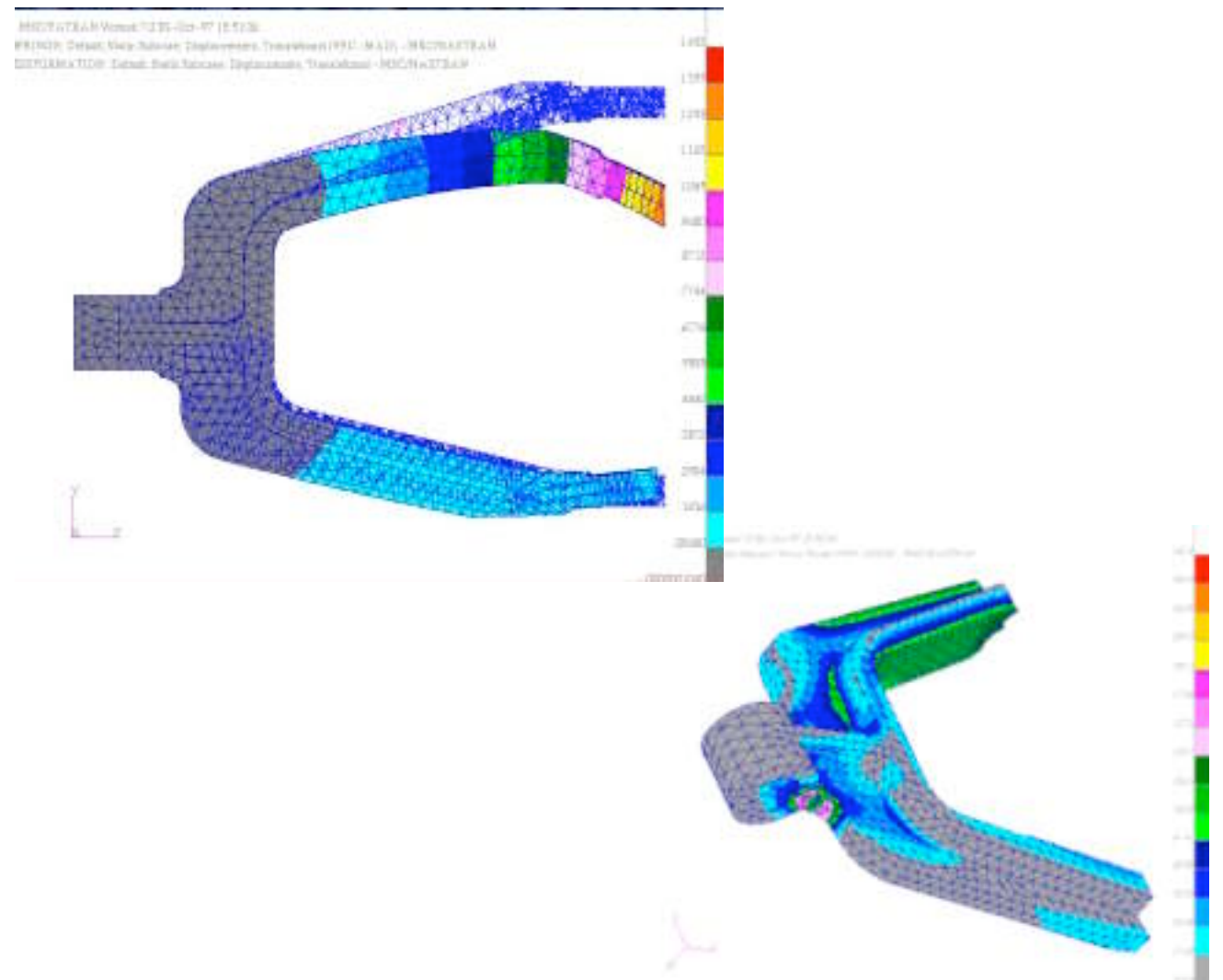
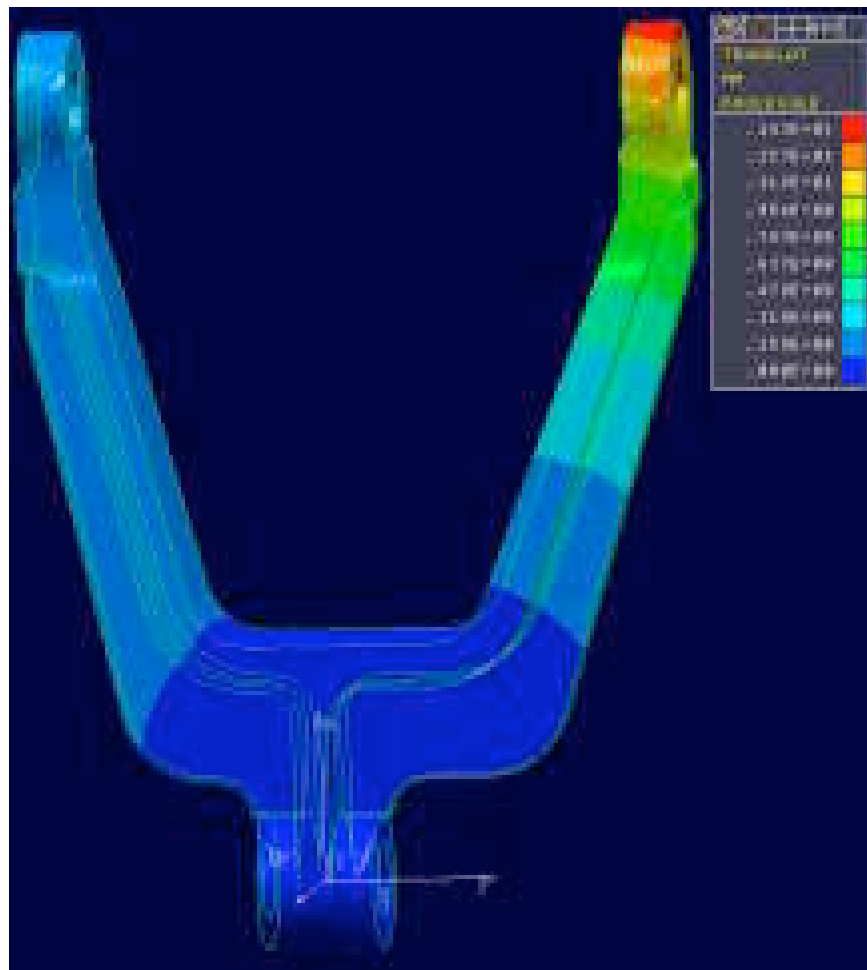
Intégration chez BAe

- Exemple sur une gouverne : dimensionnement du pédalier



Intégration chez BAe

- Exemple sur une gouverne : dimensionnement du pédalier



Intégration chez BAe

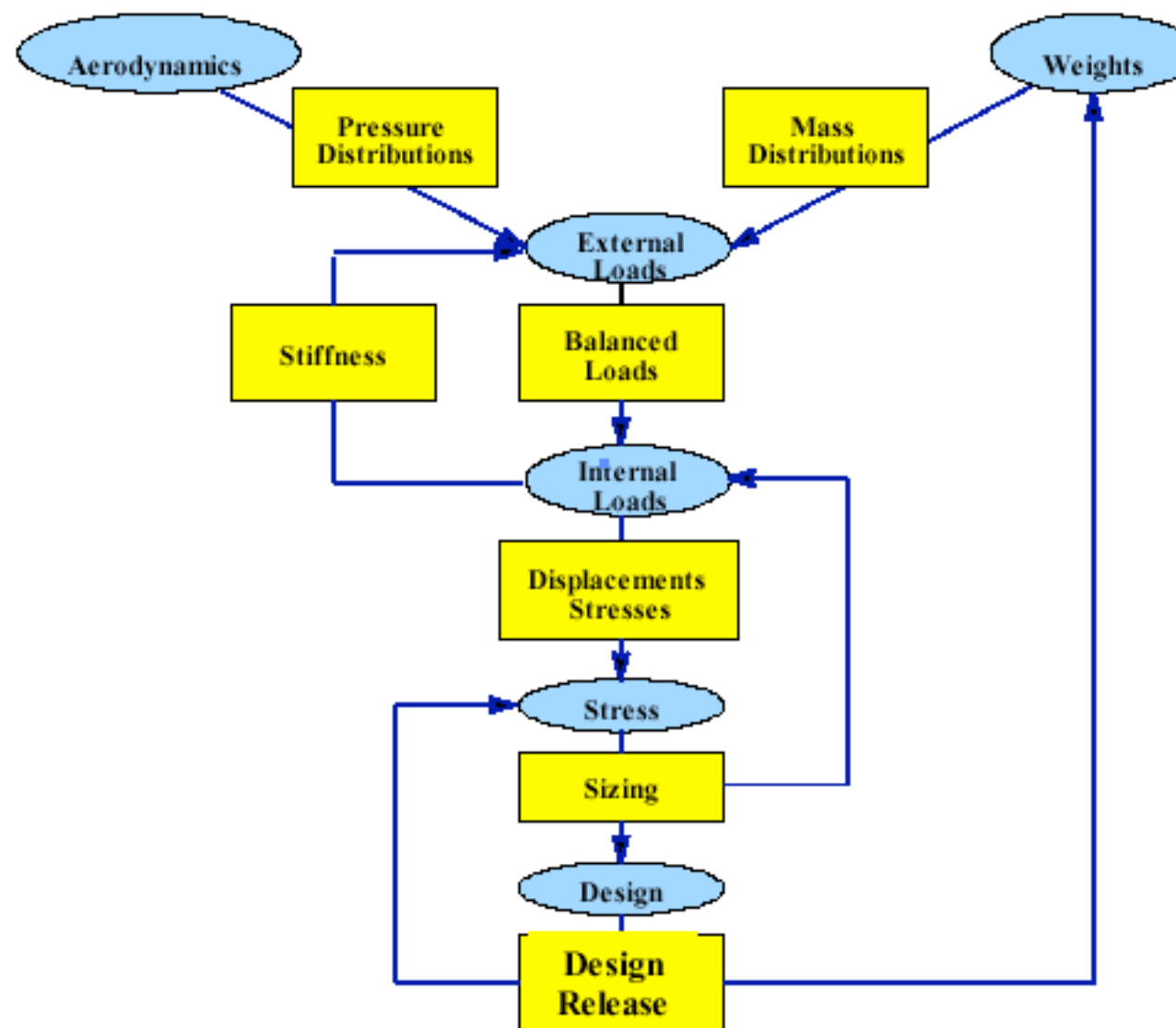
- ▶ Exemple sur une gouverne : dimensionnement du pédalier
 - ▶ Comparaison Catia-GPS / Nastran
 - ▶ Flèche maxi : 1,47 mm / 1,45 mm
 - ▶ Contrainte maxi : 226 MPa / 226.9 Mpa
 - ▶ Même résultats mais :
 - ▶ Pas d'interface
 - ▶ Gain de temps

Intégration chez BOEING



Intégration chez BOEING

► Processus de conception itératif



Intégration chez BOEING

► Processus de conception itératif

- *Overall Process* -

0. Understand the actual structure

1. Build model

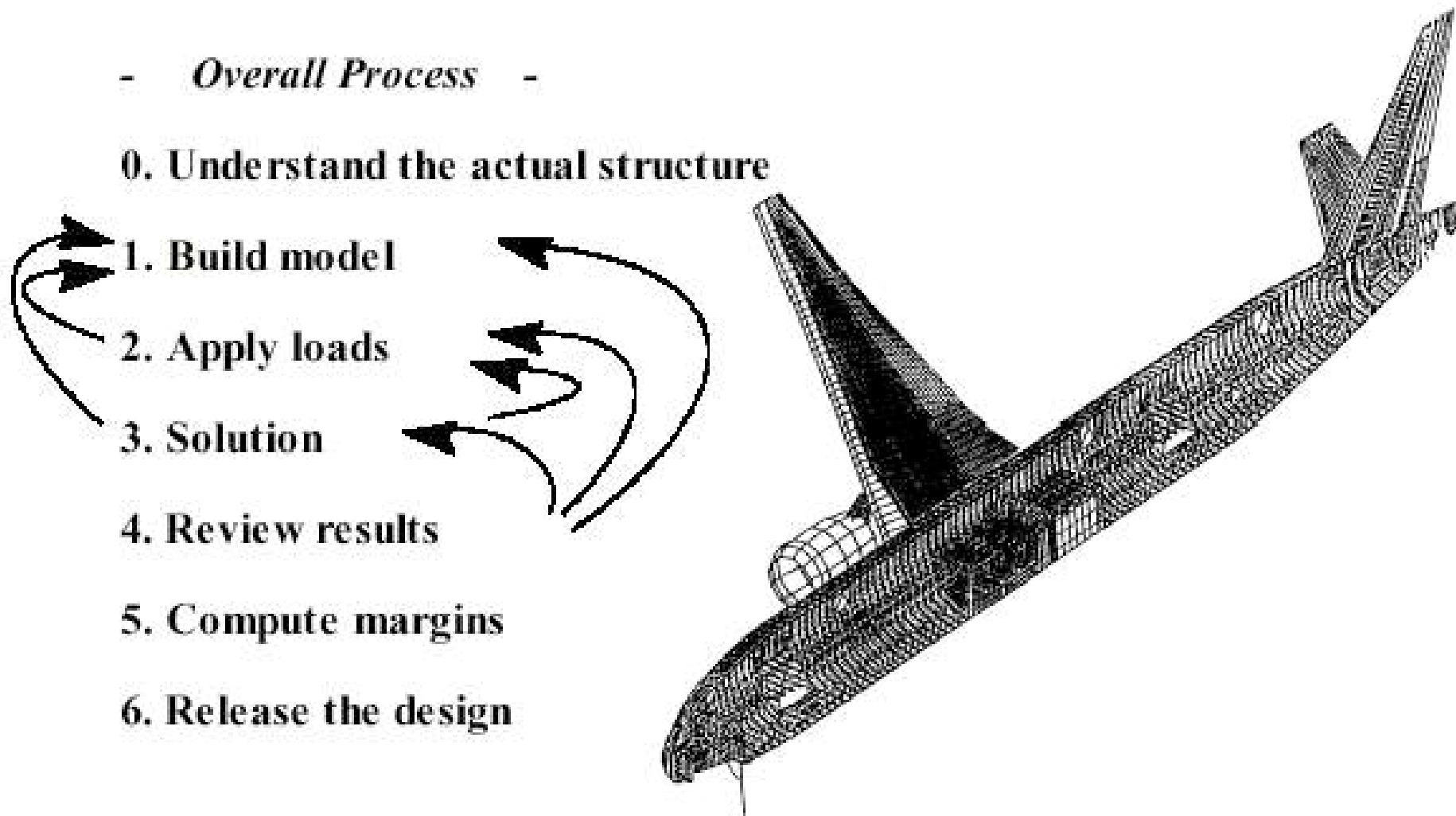
2. Apply loads

3. Solution

4. Review results

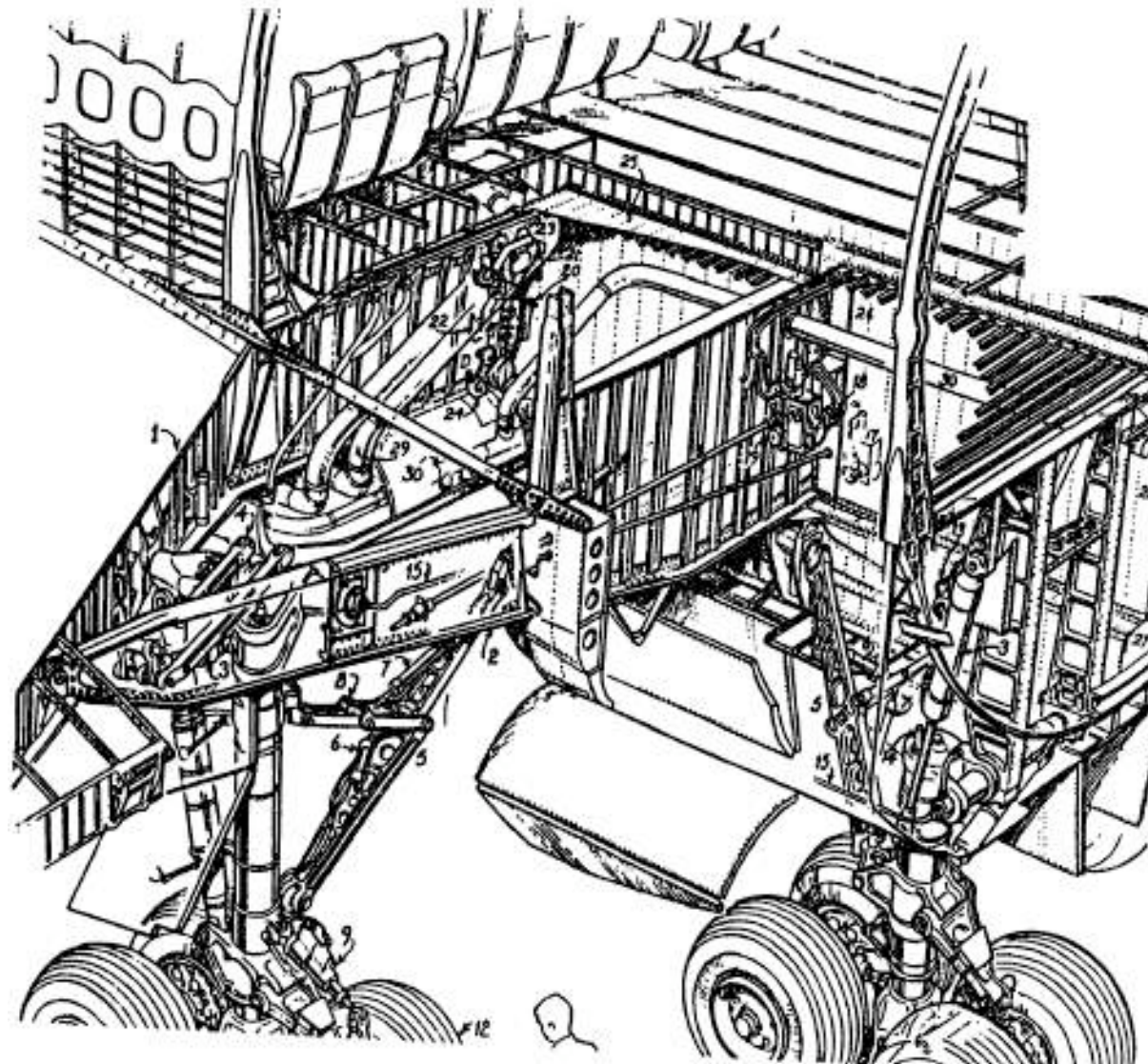
5. Compute margins

6. Release the design



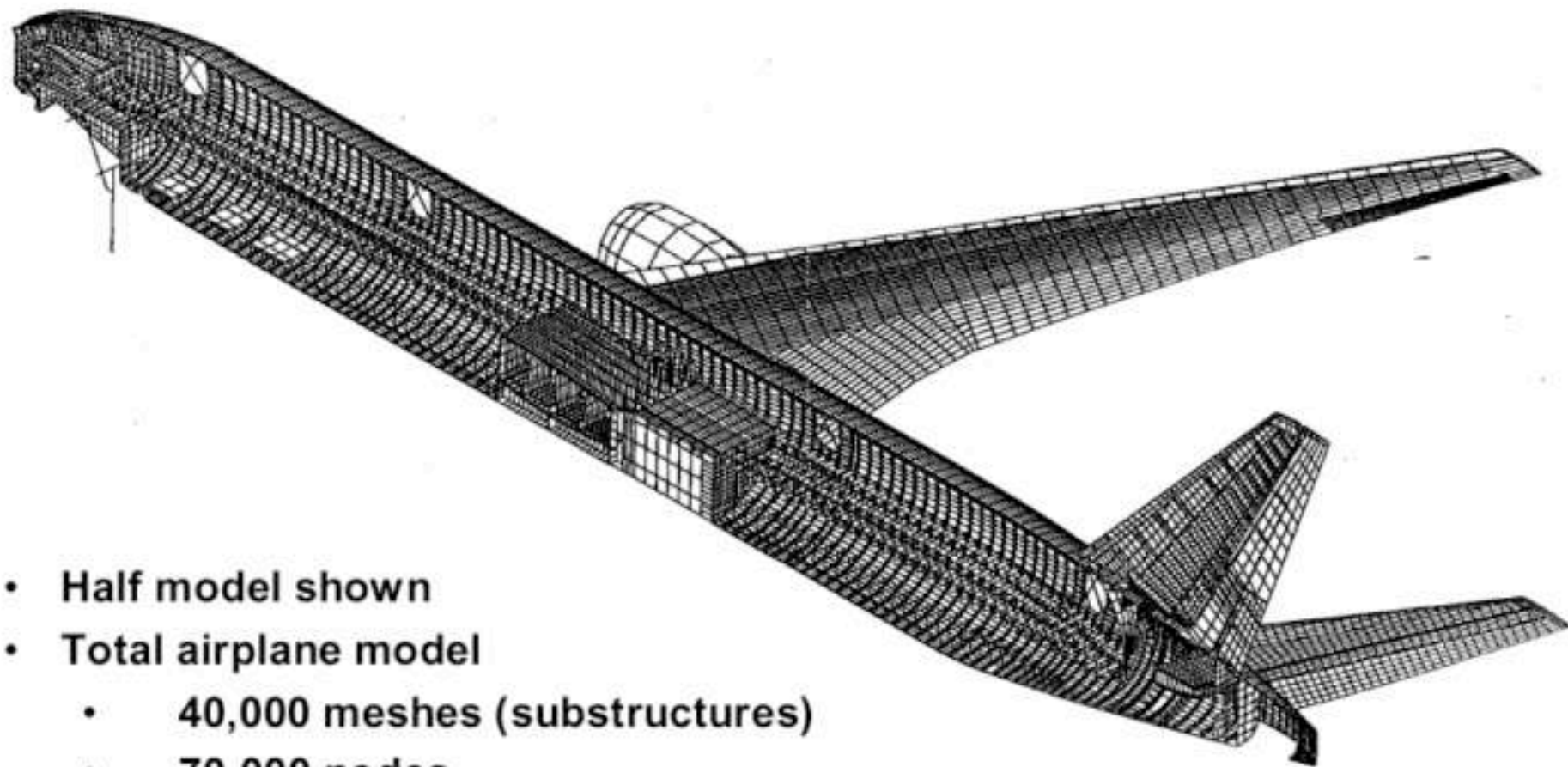
Intégration chez BOEING

- Complexité des structures



Intégration chez BOEING

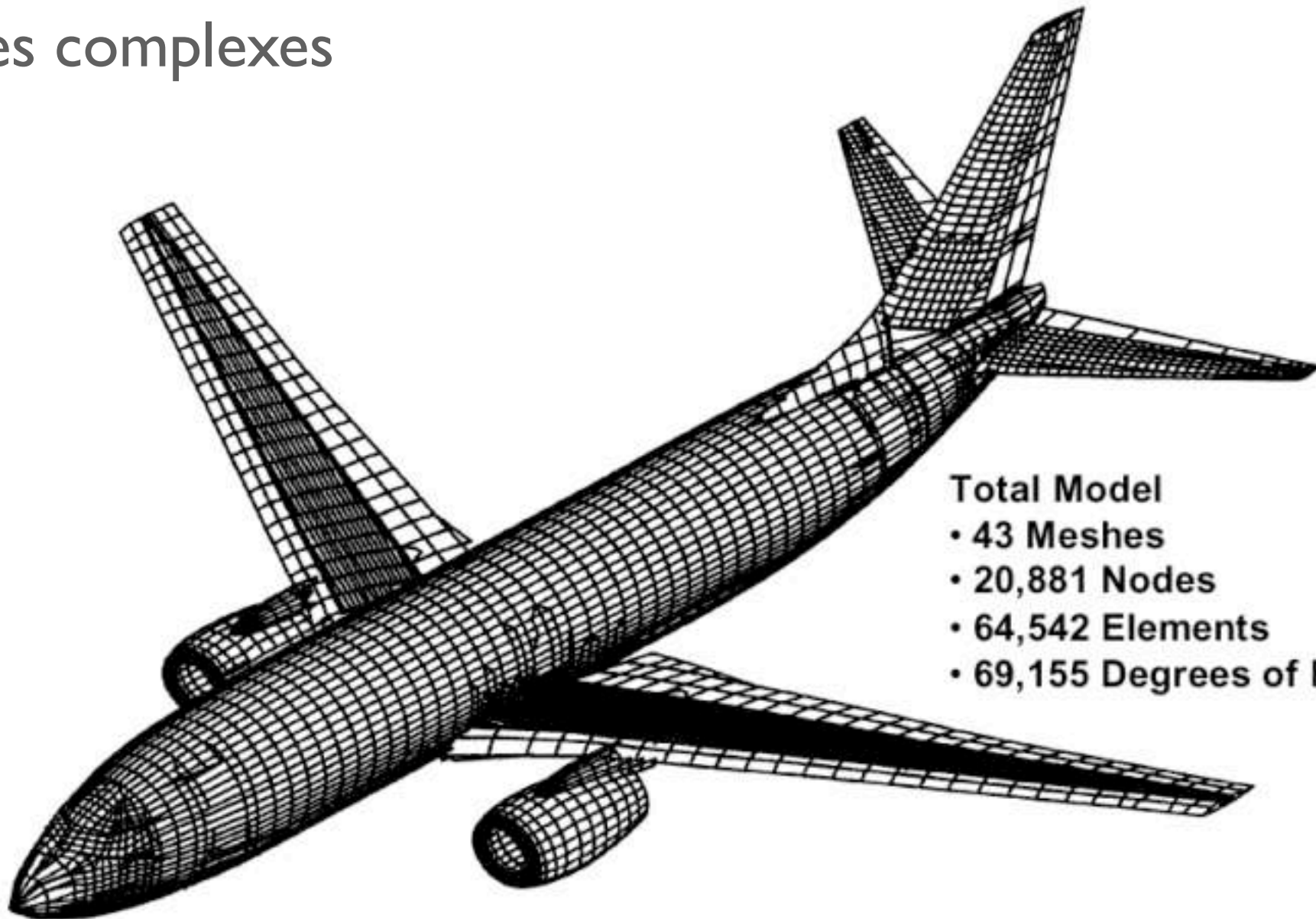
► Modèles complexes



- Half model shown
- Total airplane model
 - 40,000 meshes (substructures)
 - 70,000 nodes
 - 175,000 elements
 - 275,000 degrees of freedom

Intégration chez BOEING

► Modèles complexes

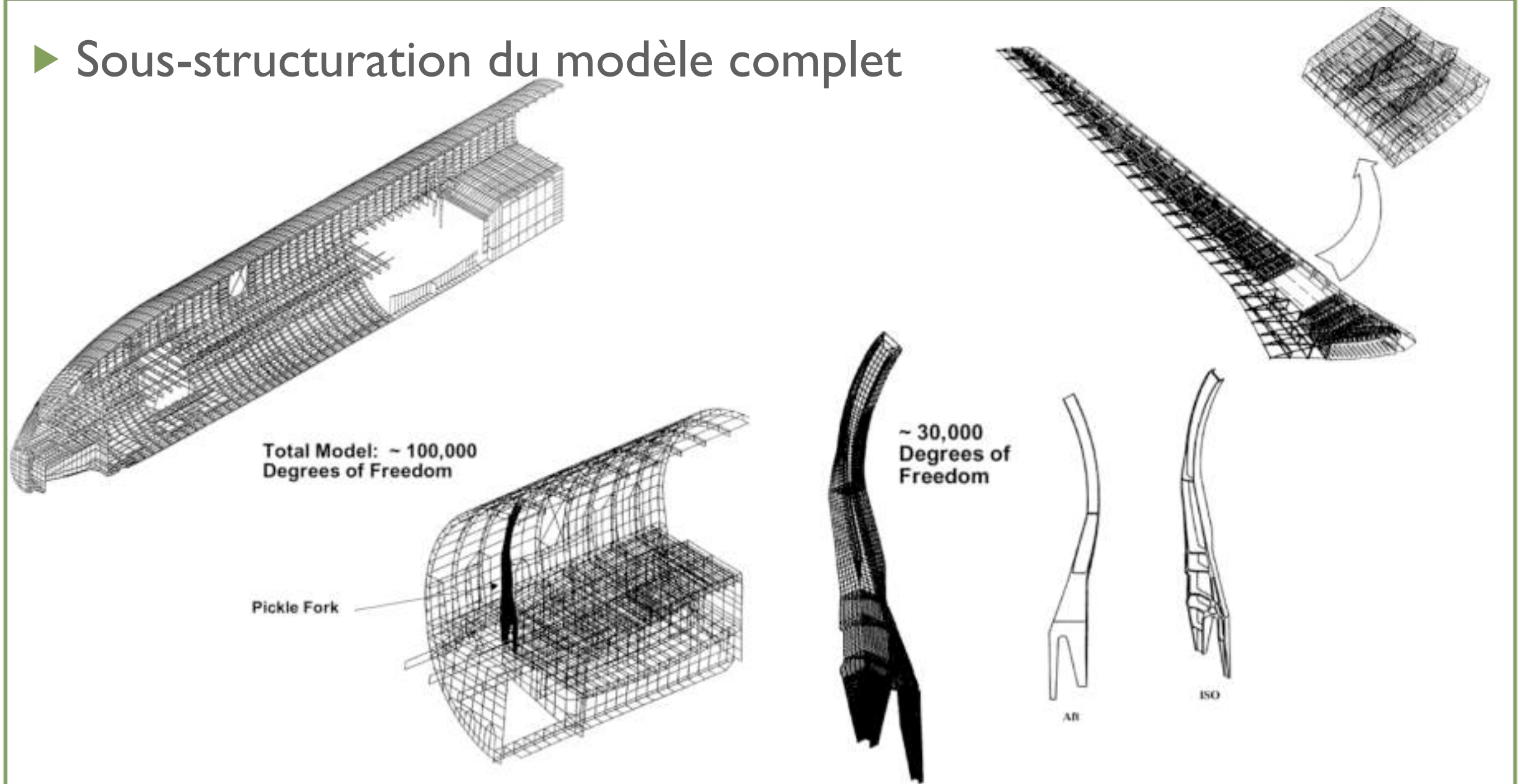


Total Model

- 43 Meshes
- 20,881 Nodes
- 64,542 Elements
- 69,155 Degrees of Freedom

Intégration chez BOEING

► Sous-structuration du modèle complet



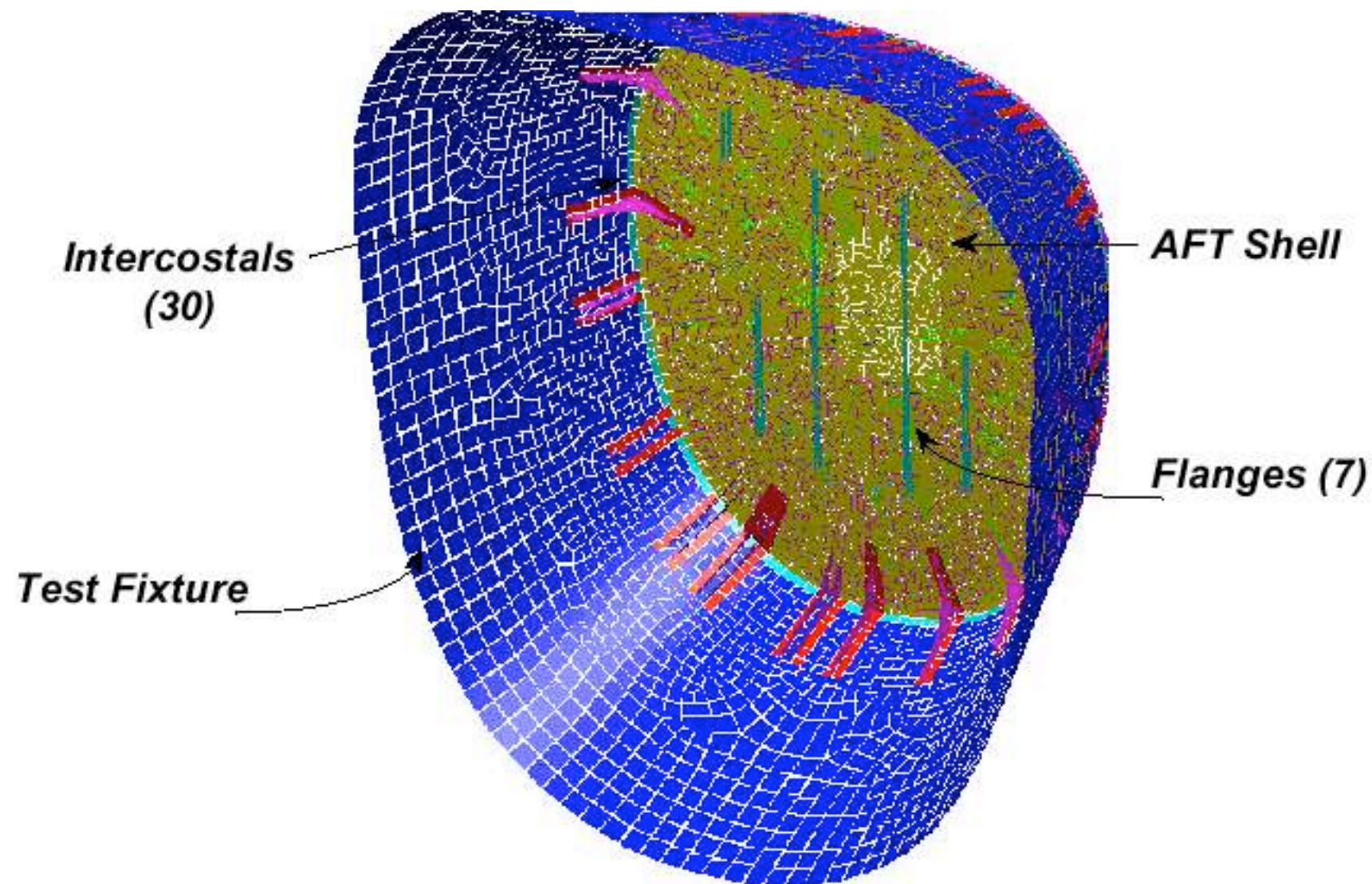
Intégration chez BOEING

► Exemple de dimensionnement par E.F. : BULKHEAD



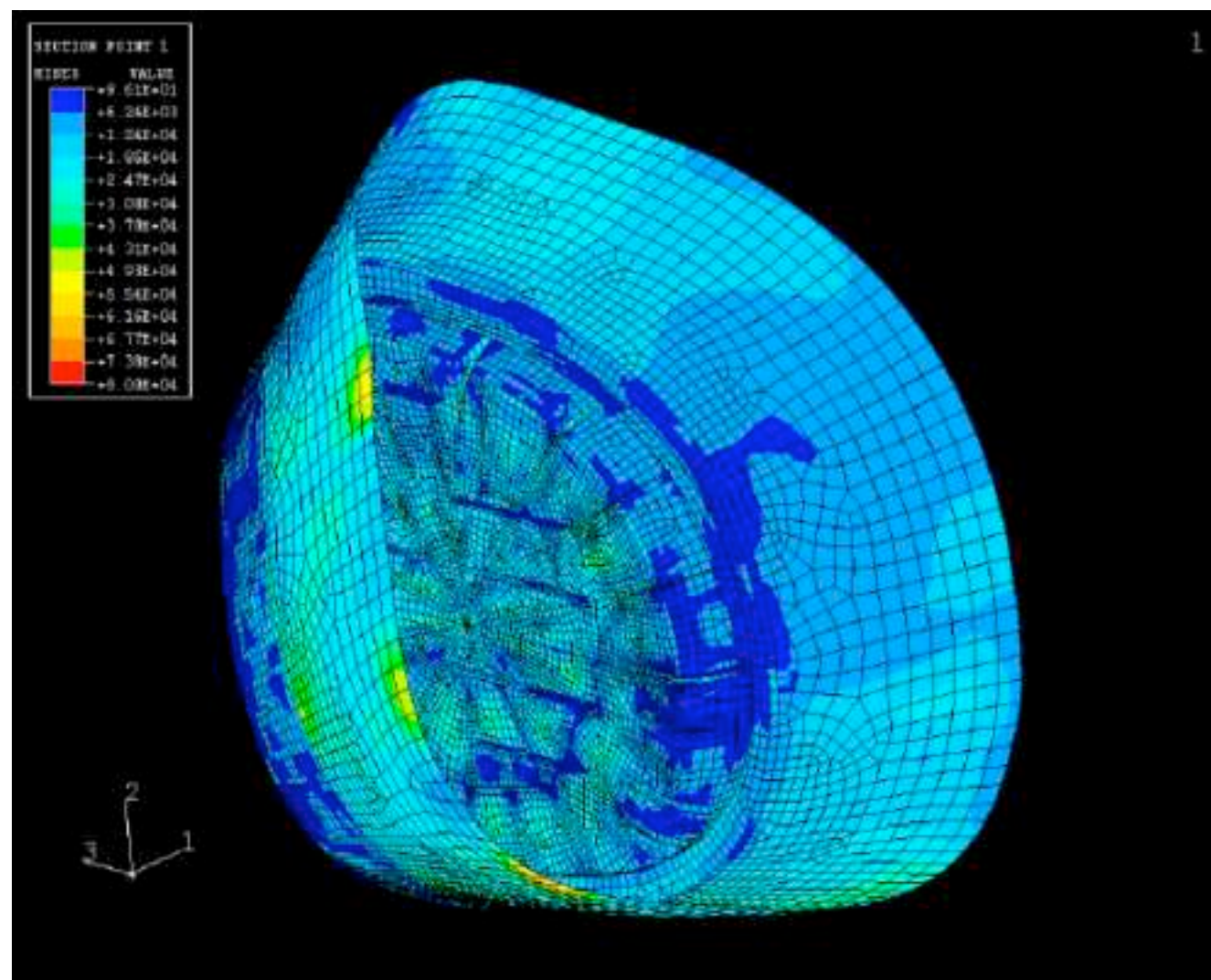
Intégration chez BOEING

► Exemple de dimensionnement par E.F. : BULKHEAD



Intégration chez BOEING

► Exemple de dimensionnement par E.F. : BULKHEAD



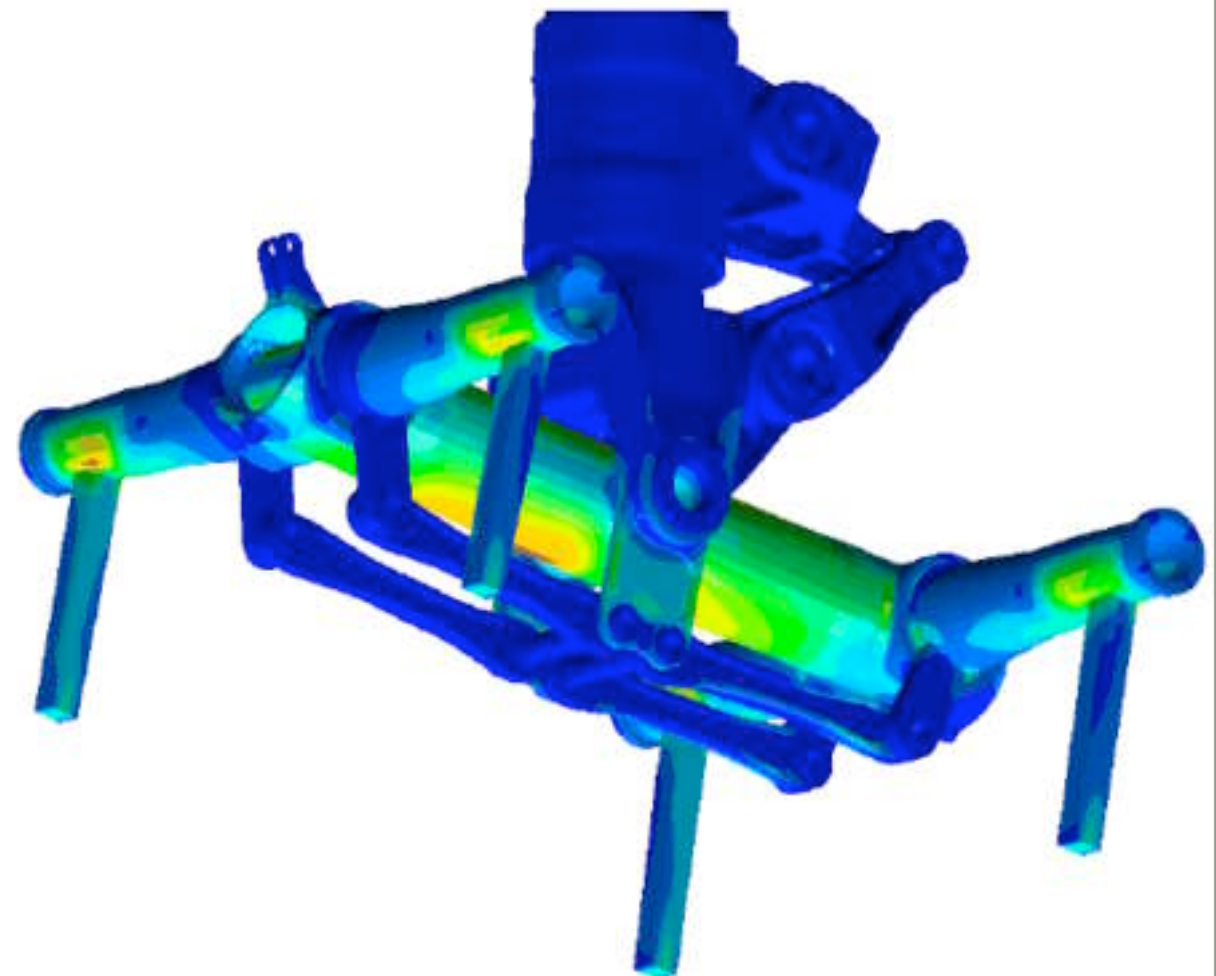
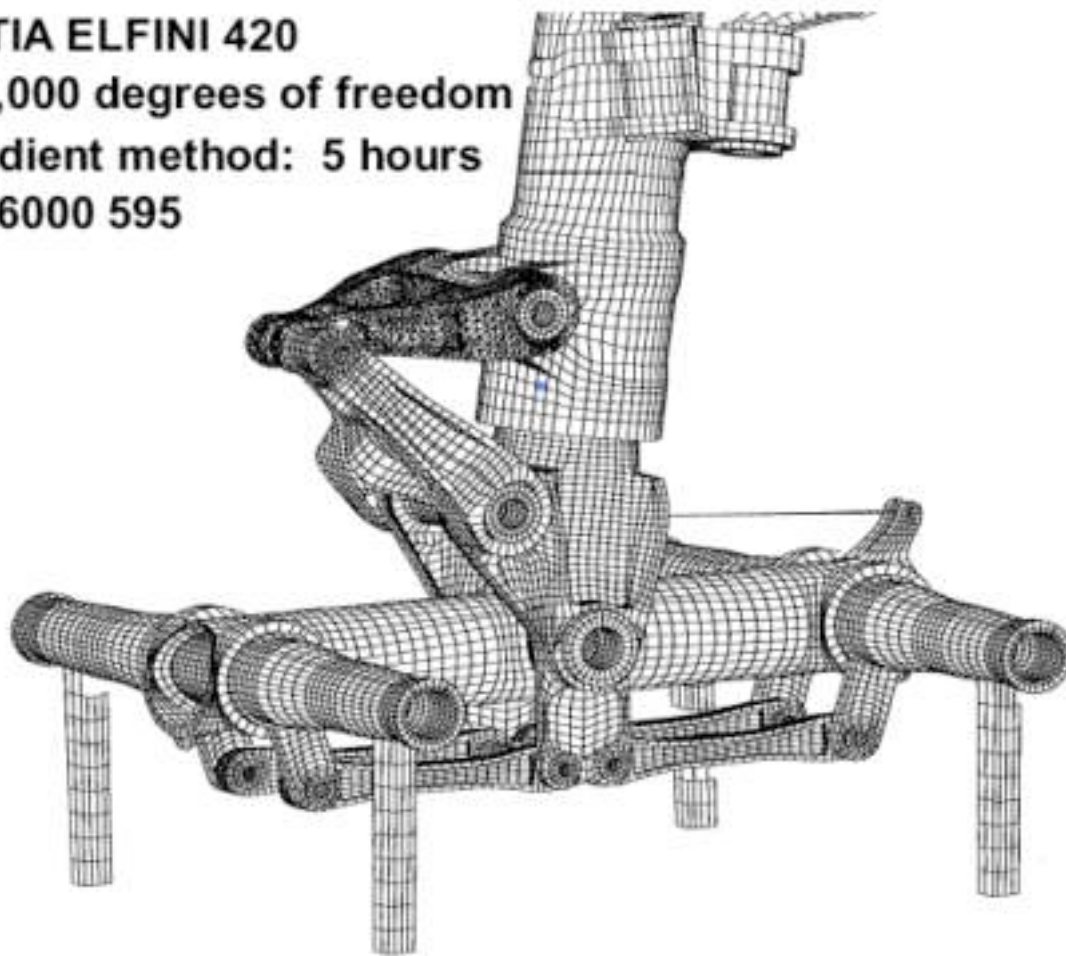
Intégration chez BOEING

- ▶ Exemple de dimensionnement par E.F. : BULKHEAD
- ▶ Réduction du temps de 75 %
 - ▶ 2 semaines avec CATIA FEM & Abaqus
 - ▶ 8 semaines avec d'autres outils
- ▶ Analyse rapide autorisant des modifications de la conception
- ▶ Validation de l'interface CATIA/Abaqus

Intégration chez BOEING

► Exemple de dimensionnement par E.F. : éléments du train

- CATIA ELFINI 420
- 320,000 degrees of freedom
- Gradient method: 5 hours
- RS/6000 595



Intégration chez faurecia

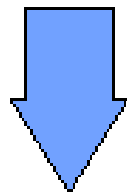
faurecia



Intégration chez faurecia

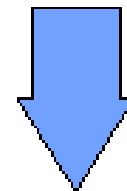
► Méthode de dimensionnement standard

CAD : CATIA



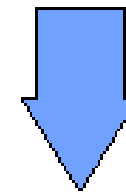
Data translation

PRE - PROCESSING : IMS



Meshing, B.C.

PROCESSING : ABAQUS, NASTRAN



Computation

POST - PROCESSING : IMS

Intégration chez faurecia

- ▶ Exemple :

- ▶ 711 éléments, 411 Nœuds, NASTRAN
- ▶ Manipulation de fichiers : 14 % temps
- ▶ Réalisation du maillage : 68 % temps
- ▶ Calcul proprement dit : 18 % temps



Intégration chez faurecia

- ▶ Comparaison ancienne / nouvelle méthodologie :
- ▶ Ancienne méthodologie :
 - ▶ Avantages :
 - ▶ Calculs sur station performante
 - ▶ Applications validées
 - ▶ Experts
 - ▶ Inconvénients :
 - ▶ Manipulation de fichiers (UNIX)
 - ▶ Maillage indépendant de la géométrie
 - ▶ Travail de spécialistes

Intégration chez faurecia

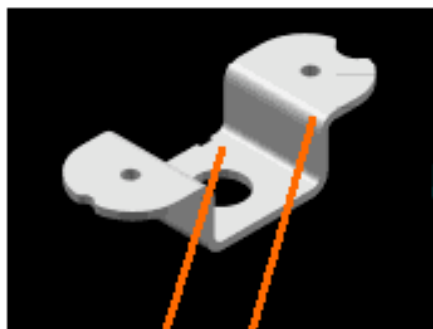
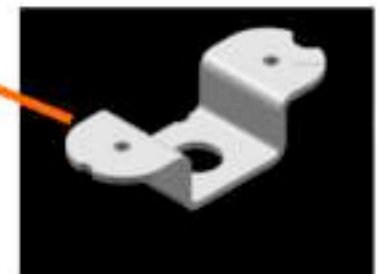
- ▶ Comparaison ancienne / nouvelle méthodologie :
- ▶ Buts :
 - ▶ Utilisation de la MEF par les designers
 - ▶ Intégration dans CATIA
 - ▶ Calculs statiques linéaires
 - ▶ Maillage associé à la géométrie
- ▶ Test comparatif :
 - ▶ Validation de l'outil GPS
 - ▶ Comparaison en terme de :
 - ▶ Entrée des données
 - ▶ Résultats de calculs

Intégration chez faurecia

► Comparaison : mécanisme de la Xsara Picasso

► GPS/Catia : 5 mn

► Catia/Nastran : 35 mn



σ_1 σ_2

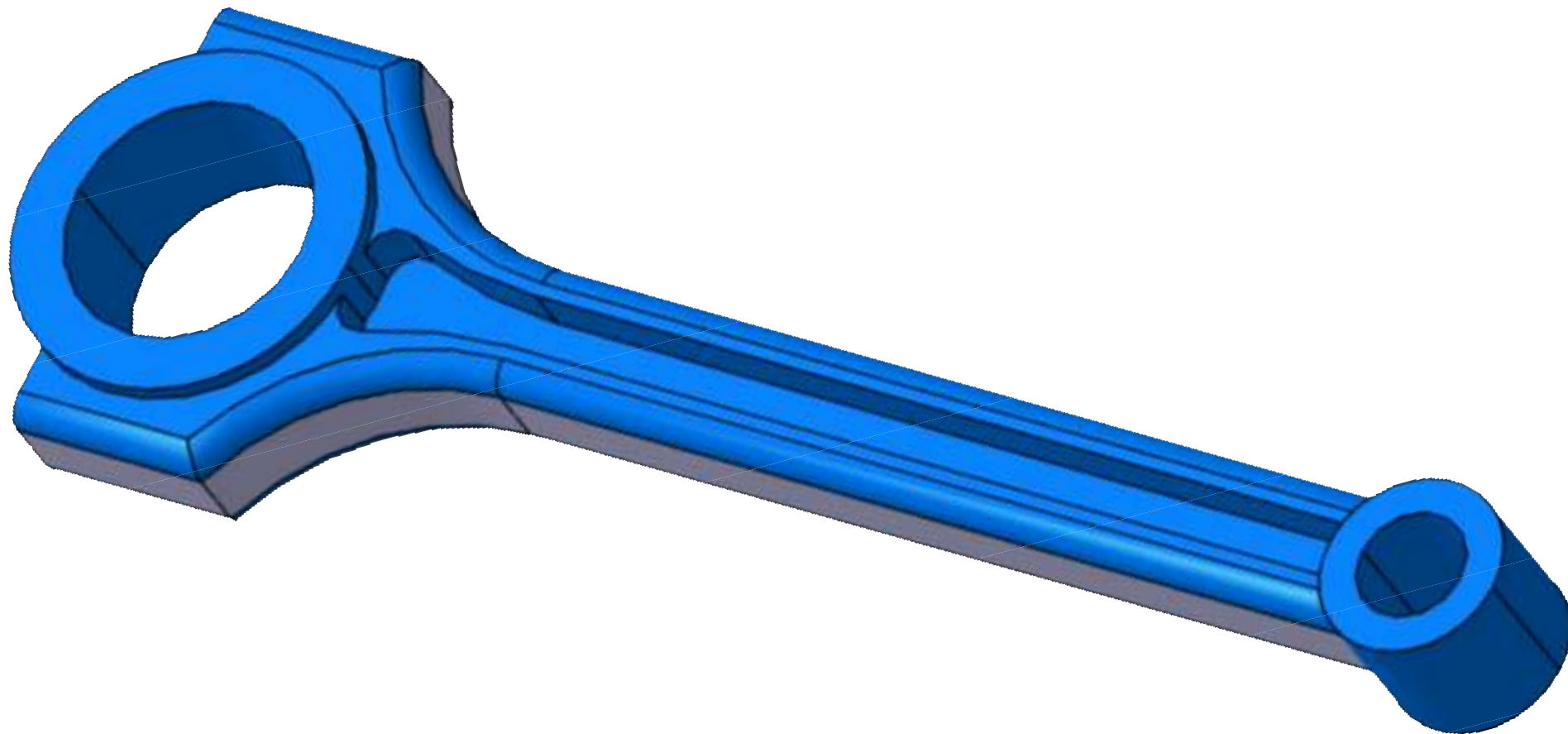
	Element type	σ_1 Mpa	σ_2 Mpa	dmax mm
GPS	TRIA	2953	2190	1,29
GPS	TRIA parabolic	3037		1,42
NASTRAN	TRIA	3140	1620	1,29
NASTRAN	TRIA parabolic	3090	2420	1,47

3. Le calcul par éléments finis : quelques idées et concepts

4. Les étapes à suivre dans un code de calcul

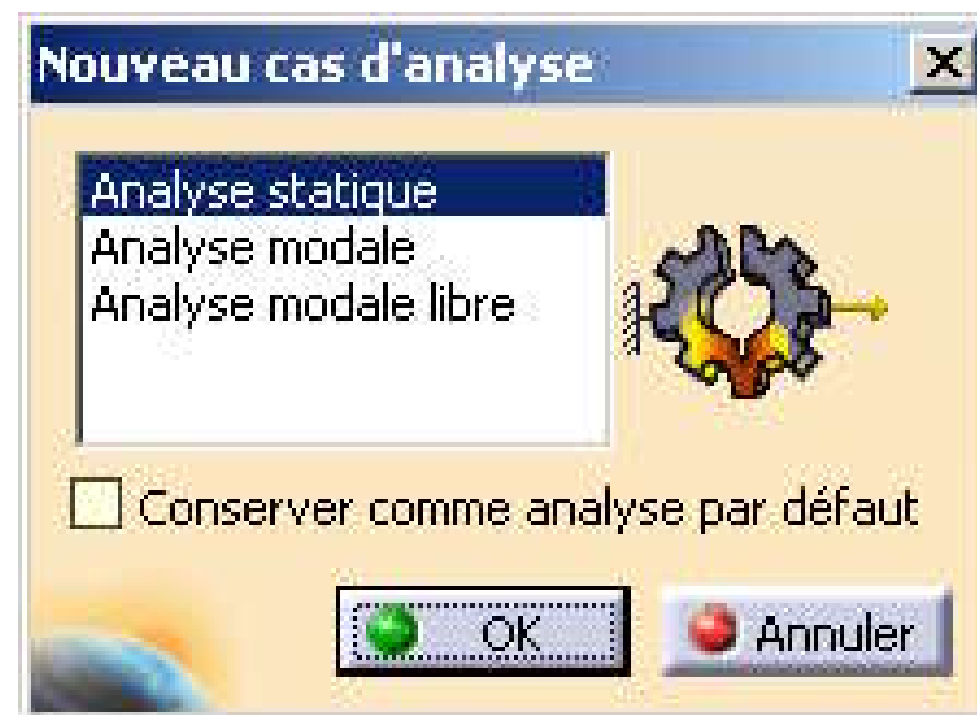
Étude d'une bielle en traction

- Cas d'une bielle dont on dispose de la géométrie
 - N.B. : compte tenu des symétries... utilité de mailler toute la bielle ??



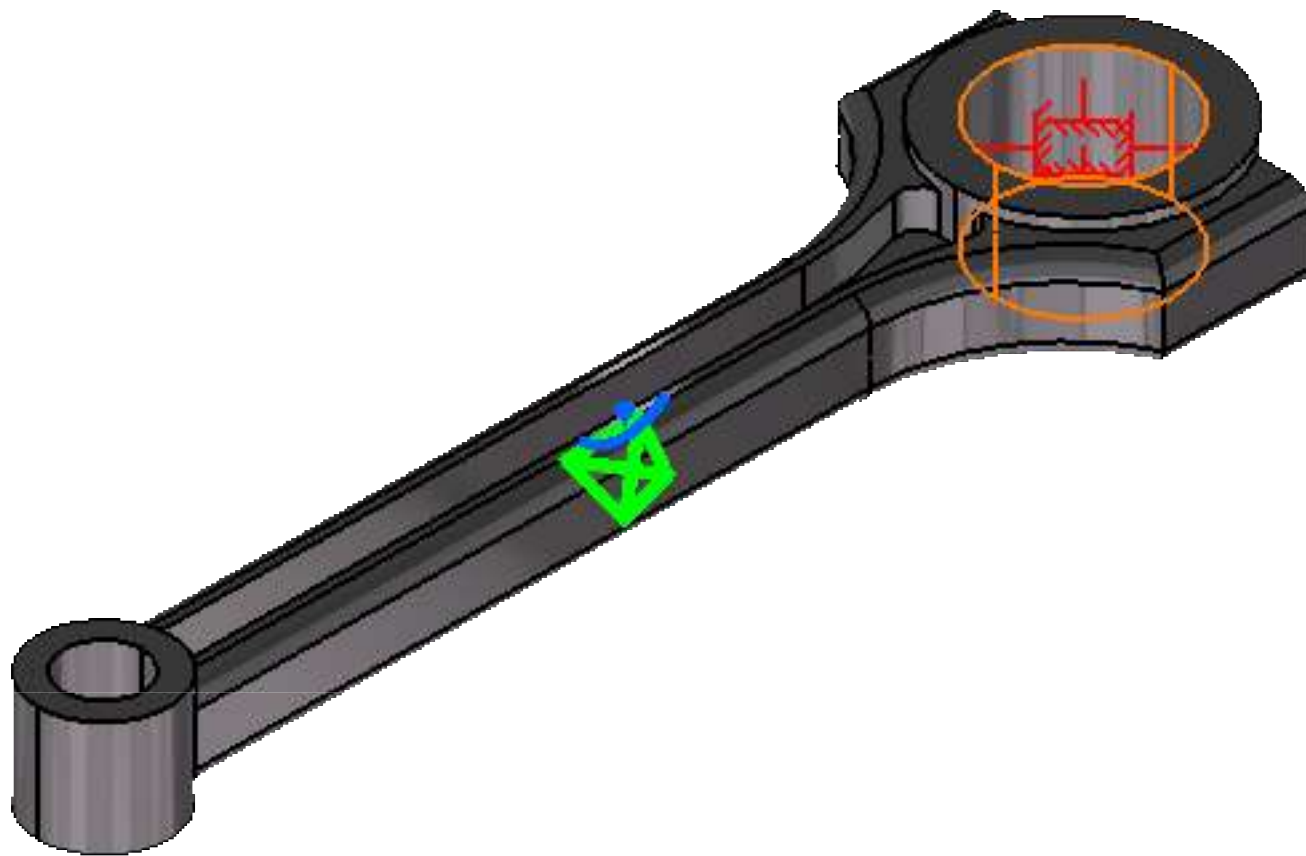
Étude d'une bielle en traction

- ▶ On démarre GPS (Generative Part Stress Analysis)
 - ▶ Plusieurs études possibles...



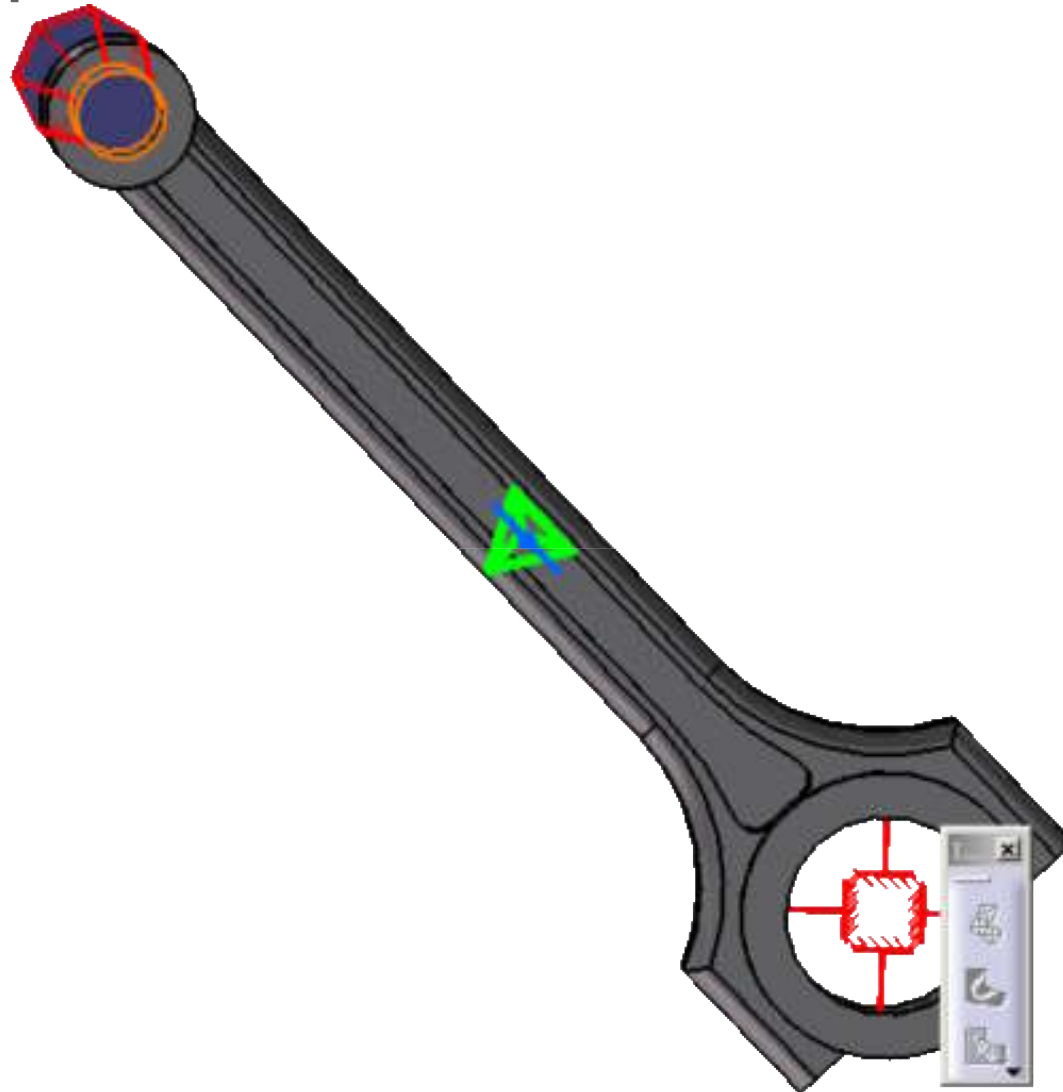
Étude d'une bielle en traction

- Mise en place des conditions aux limites en déplacement



Étude d'une bielle en traction

- Mise en place des conditions aux limites en effort



Chargement de type palier

Nom: Chargement de type palier.1

Supports: 1 Face

Système d'axe

Type: Global

☐ Afficher localement

Vecteur force

Norme: 1000N

X: 1000N

Y: 0N

Z: 0N

Angle: 180deg

Orientation: Radiale

Profil

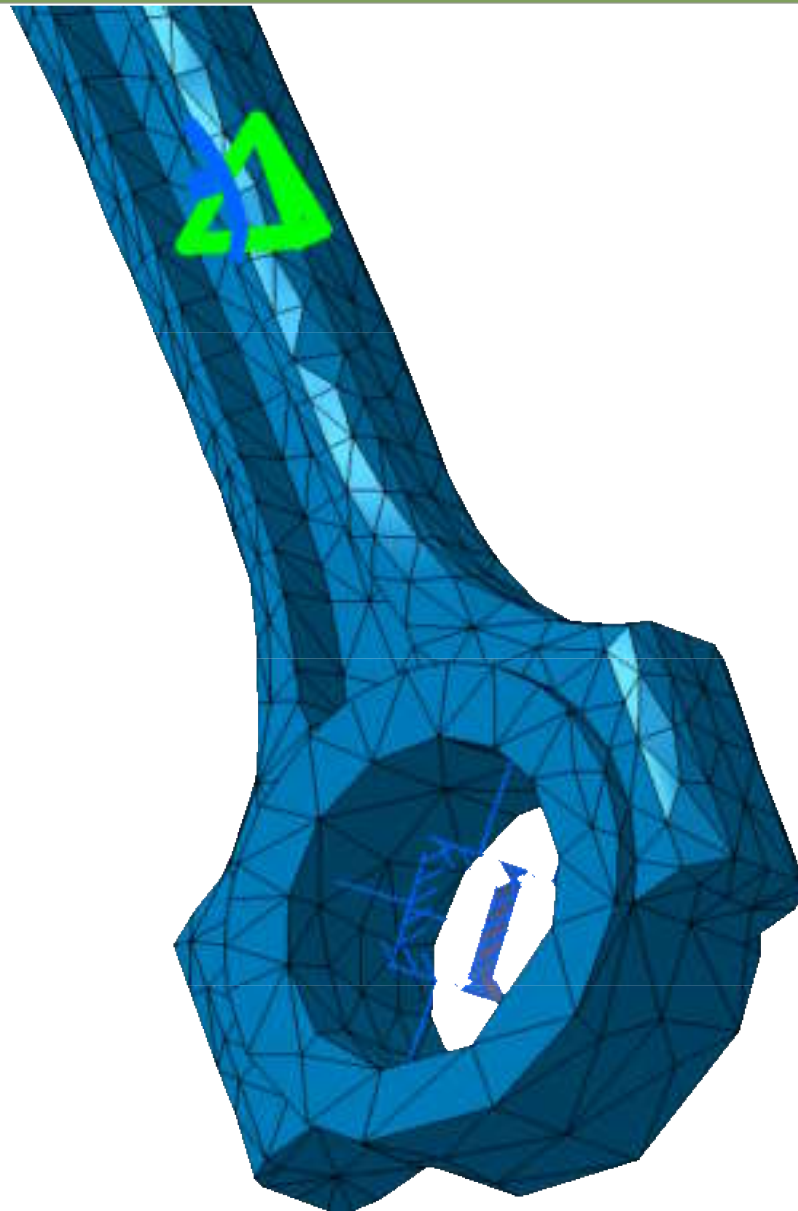
Profil: Sinusoidal

Distribution: extérieur

OK Annuler

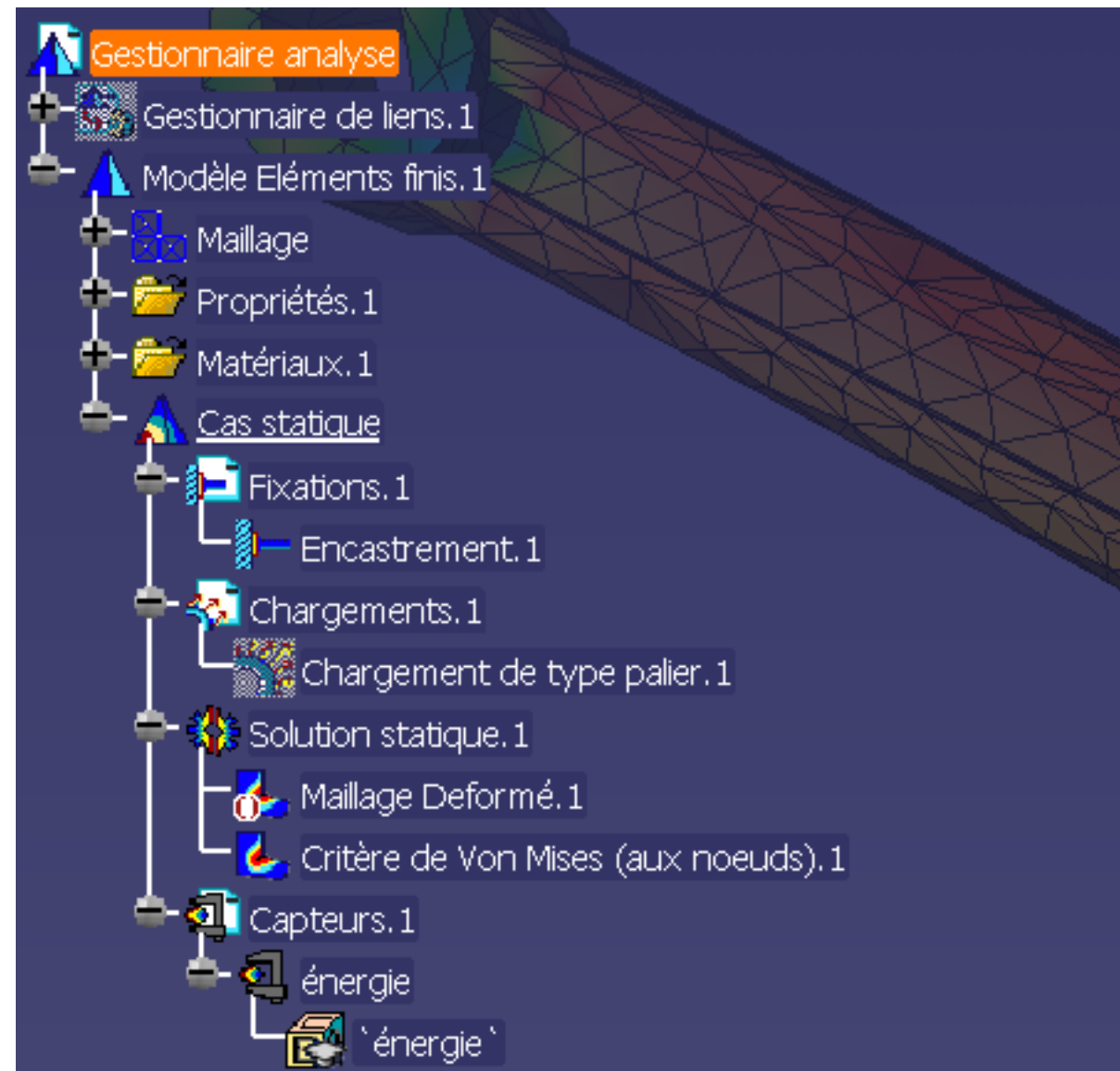
Étude d'une bielle en traction

► Visualisation du maillage



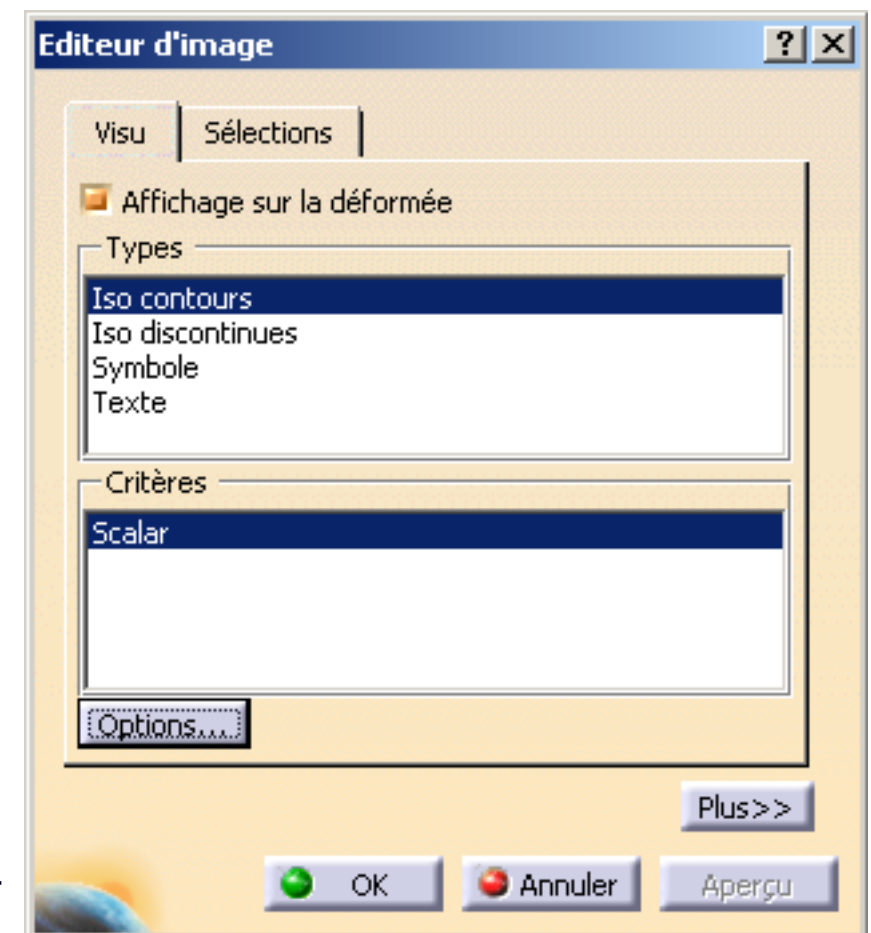
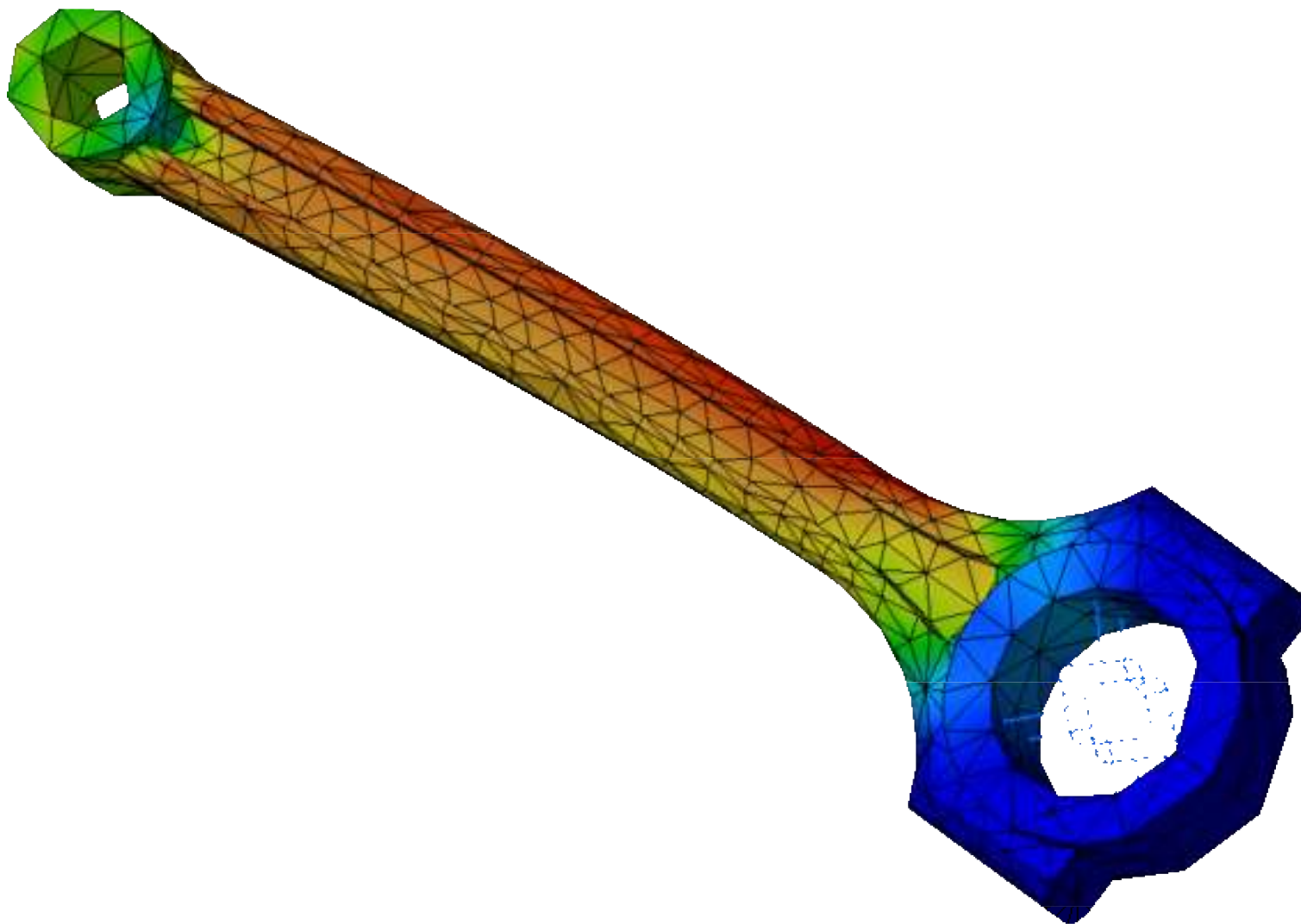
Étude d'une bielle en traction

- Vue du modèle
 - arbre de construction



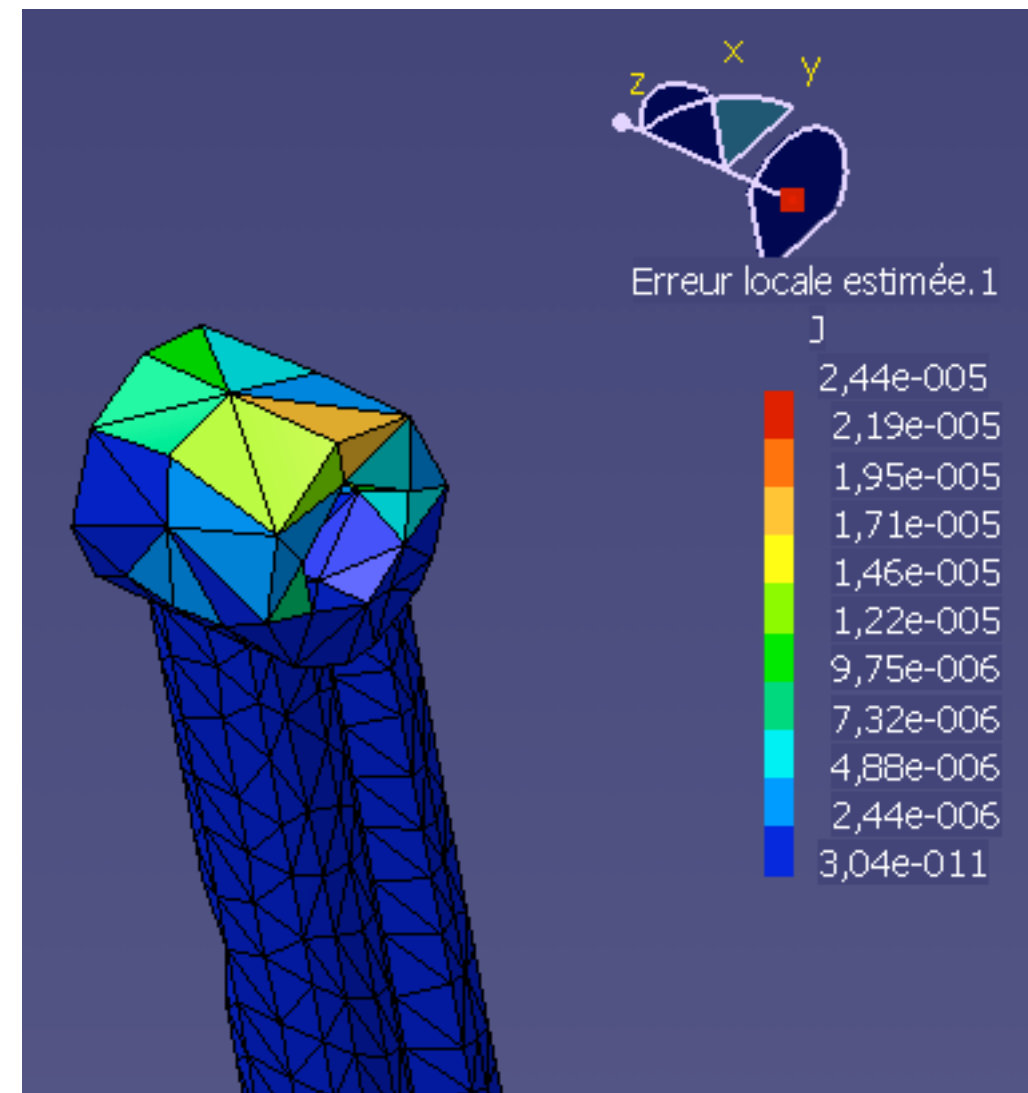
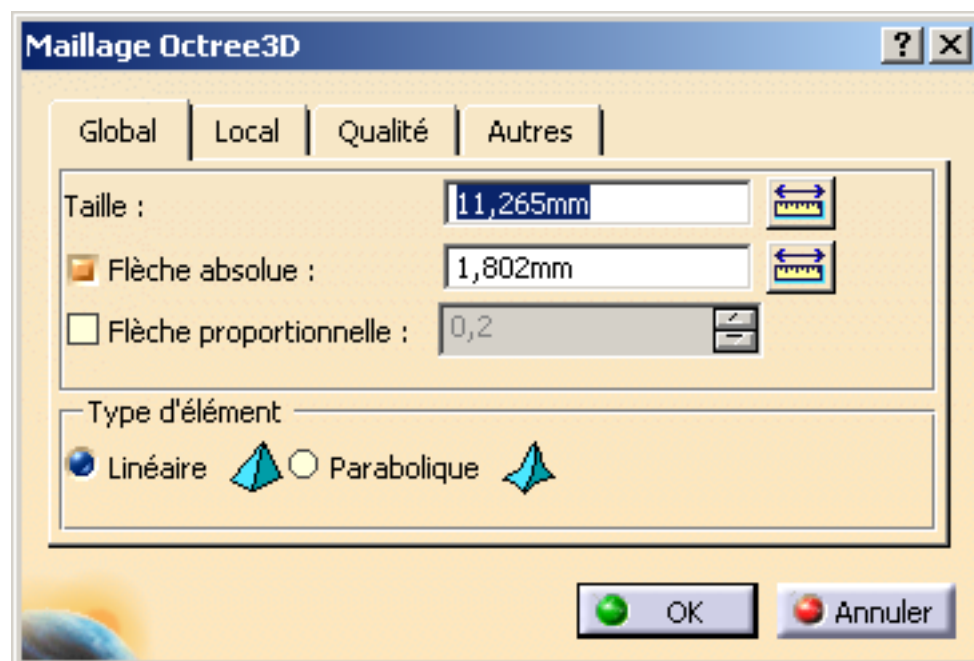
Étude d'une bielle en traction

► Post-traitement



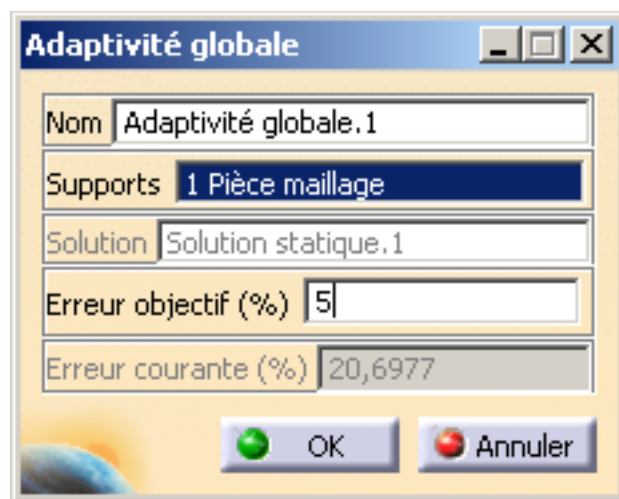
Étude d'une bielle en traction

► Évaluation d'une "erreur"



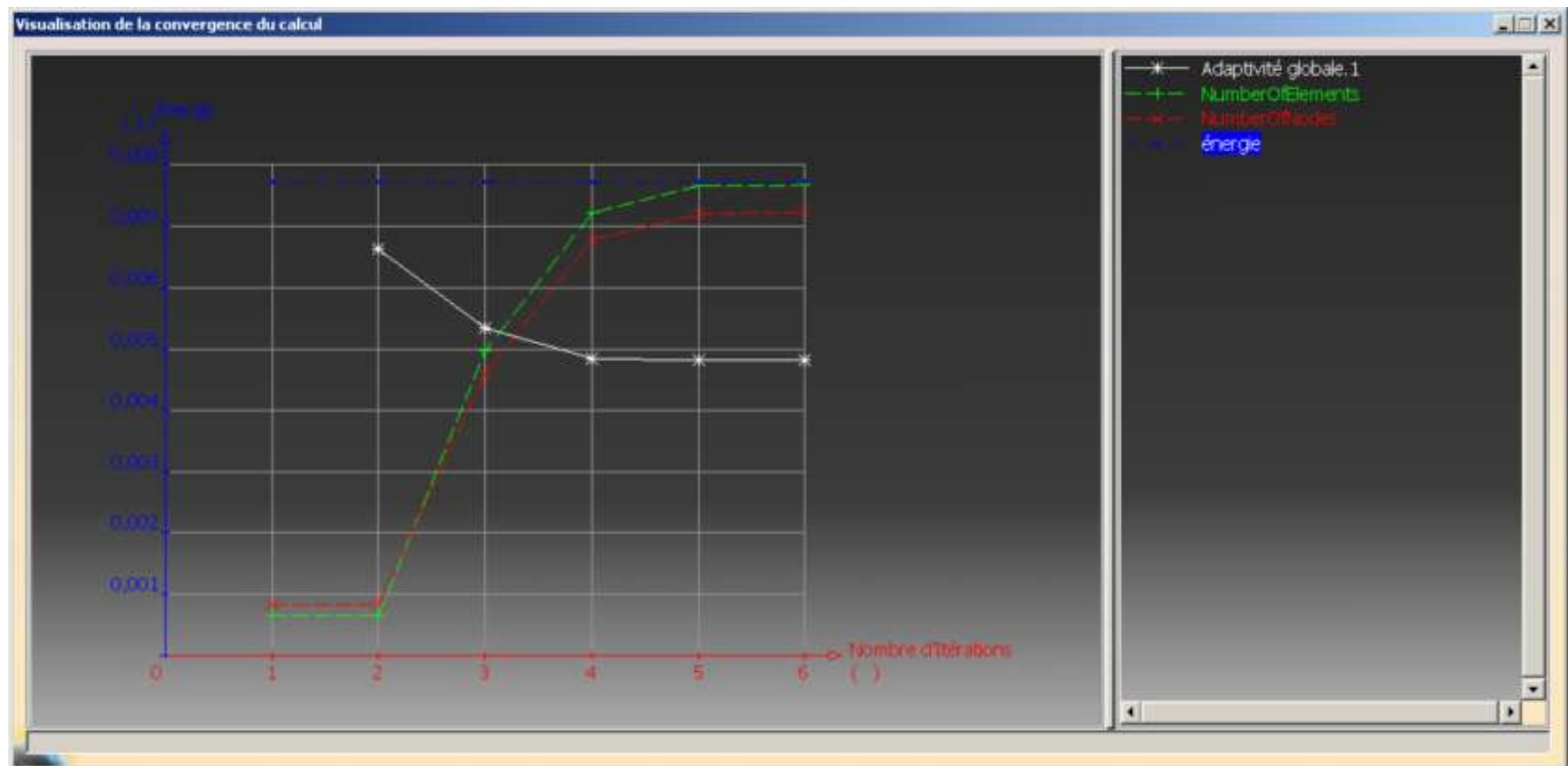
Étude d'une bielle en traction

► Remaillage pour amélioration



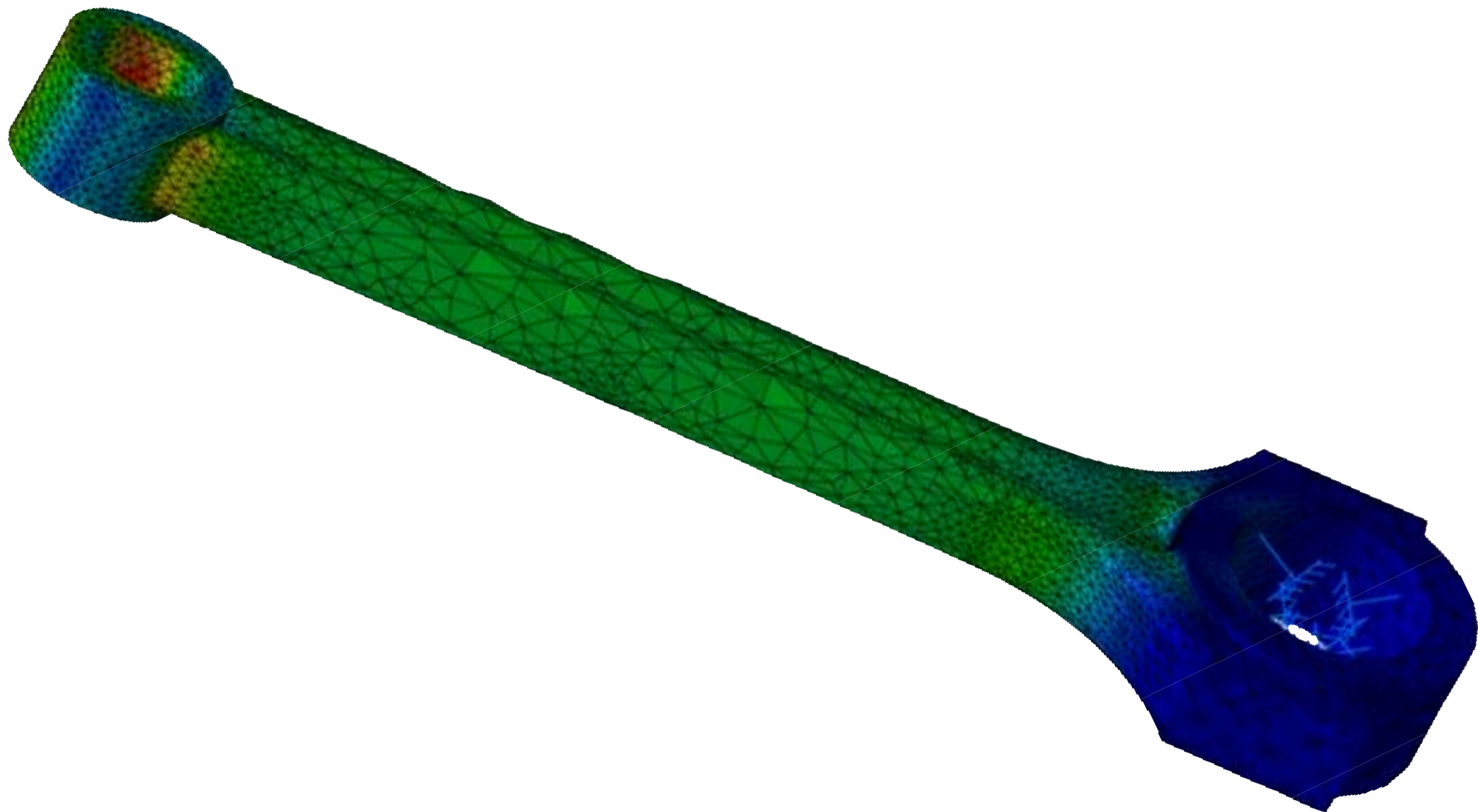
Étude d'une bielle en traction

- Processus automatique d'adaptation (long !)



Étude d'une bielle en traction

► Maillage final et contraintes



5. Analyse des résultats et dangers