

Etudes-Conclusions cas

- statique-dynamique
maneton et bras

(Boîte à couteaux Durand International)

*Insavalor;
Mr Raynaud Stéphane,
Mr Chouvier Adrien,
Mrs Koller Martin et Peak Philippe*

DURAND®
INTERNATIONAL



Présentation insavalor



- Quelques chiffres

2007	INSAVALOR
Chiffre d'affaires	15,6 M€
Nombre d'opérations	1000
Personnel	70

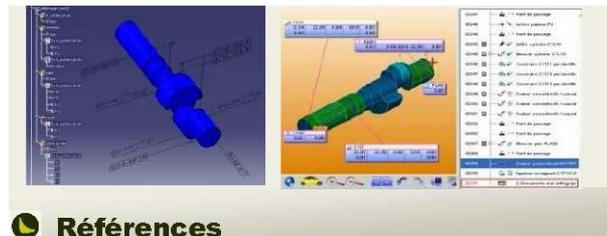
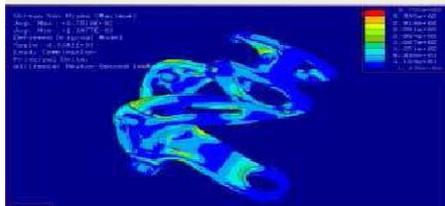
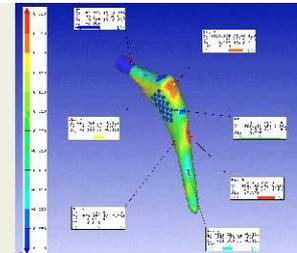
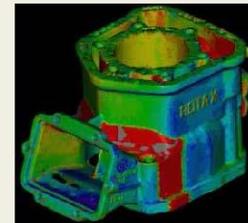
- Domaine de compétences

- **BIOLOGIE ET SANTE**
- **MECANIQUE**
- **MATERIAUX**
- **SCIENCES ET TECHNOLOGIES**
- **DE L'INFORMATION**
- **ET DE LA COMMUNICATION**
- **ENVIRONNEMENT ET ENERGIE**

Laboratoire MIP2



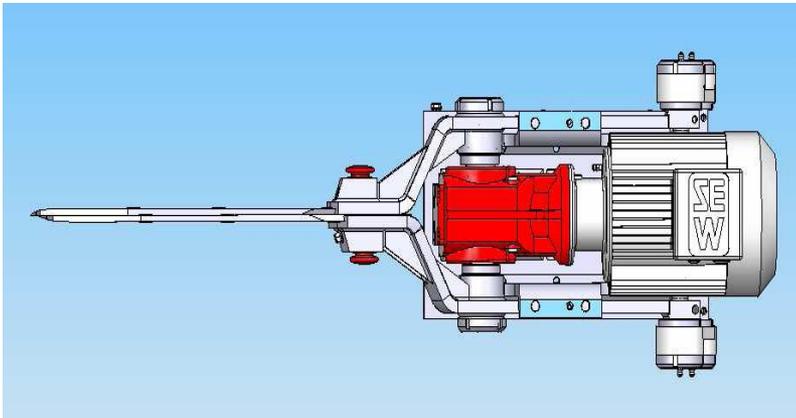
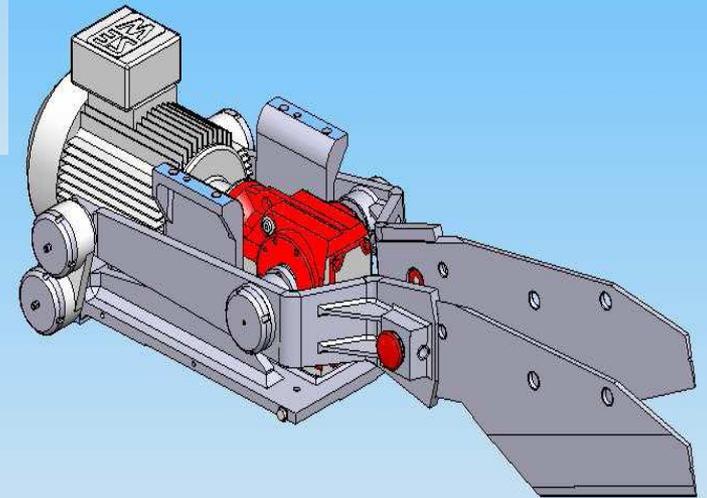
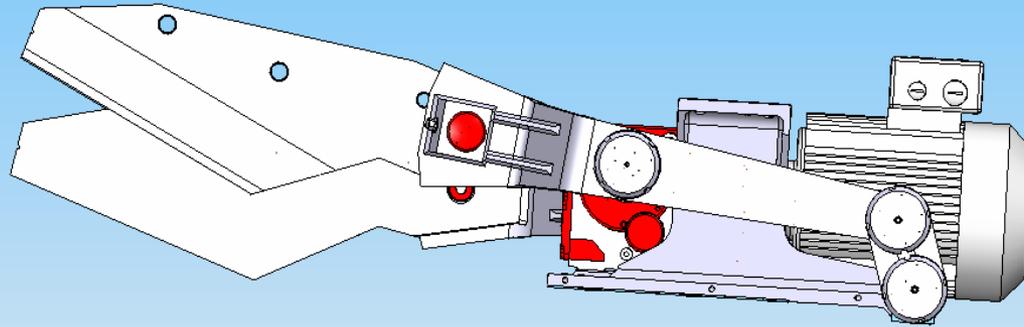
CONCEPTION, PROTOTYPAGE, NUMERISATION,
CONTRÔLE DIMENSIONNEL ET GEOMETRIQUE
DES PRODUITS ET PROCESS



🕒 **Références**

- Santé, médical, transport,
- Energie nucléaire, aéronautique,
- Automobile

Présentation du sujet

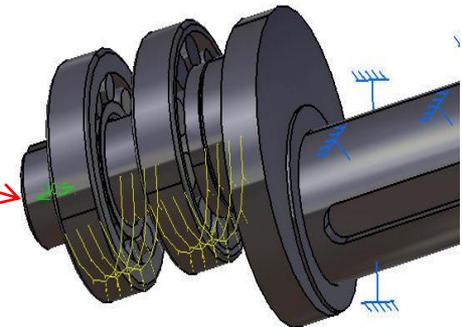




Présentation du sujet



Matériau: - acier inoxydable 304L
- acier allié 35cd4



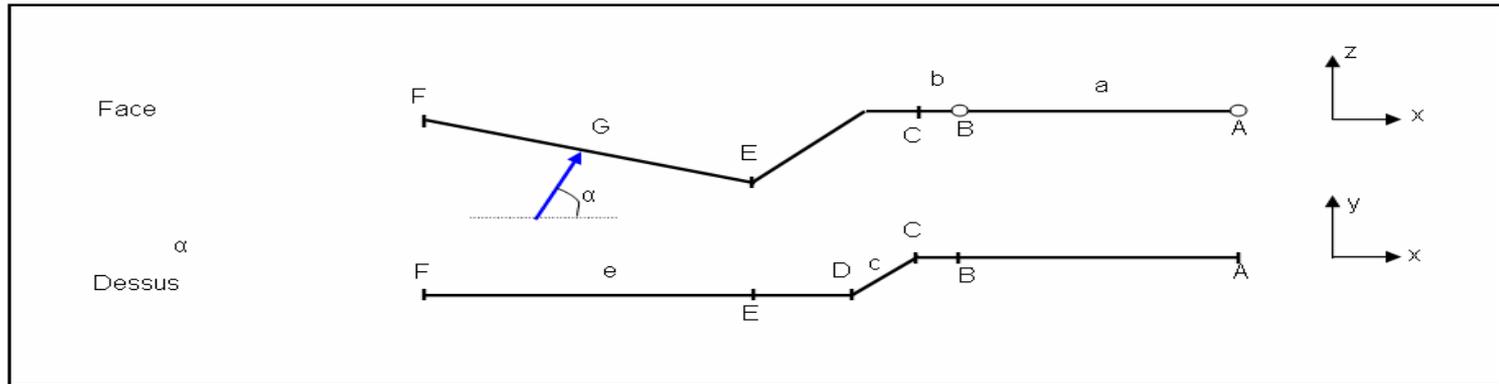
Objectif de notre travail

- Déterminer les raisons des casses
- Proposer des solutions pour résoudre ces problèmes
- Adapter les solutions sur la nouvelle boîte pour découper les veaux

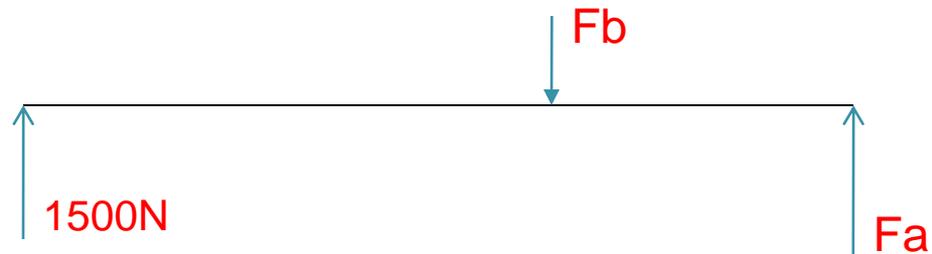
Déroulement de l'étude

- Etude statique et dynamique
- Etude de la répartition des efforts
- Etude modale
- Etude en fatigue
- Reconception boite à porc
- Reconception boite à veau

Etude statique



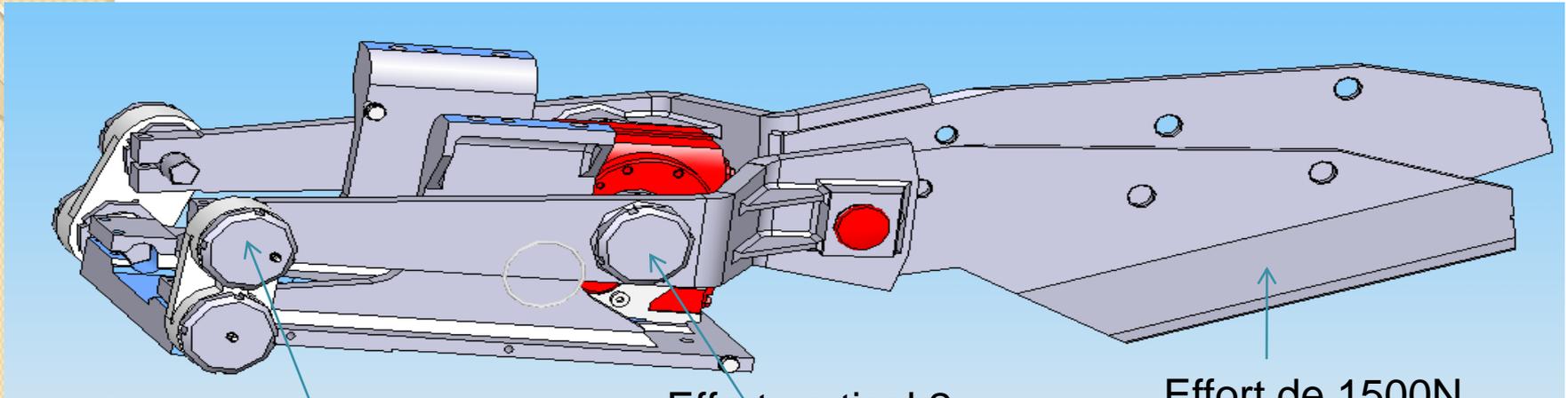
coté



$$F_b = 3000 \text{ N}$$

$$F_a = 4500 \text{ N}$$

ETUDE DYNAMIQUE

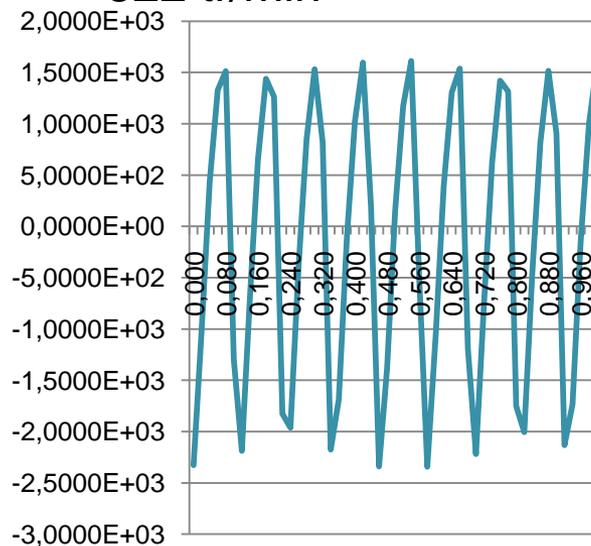
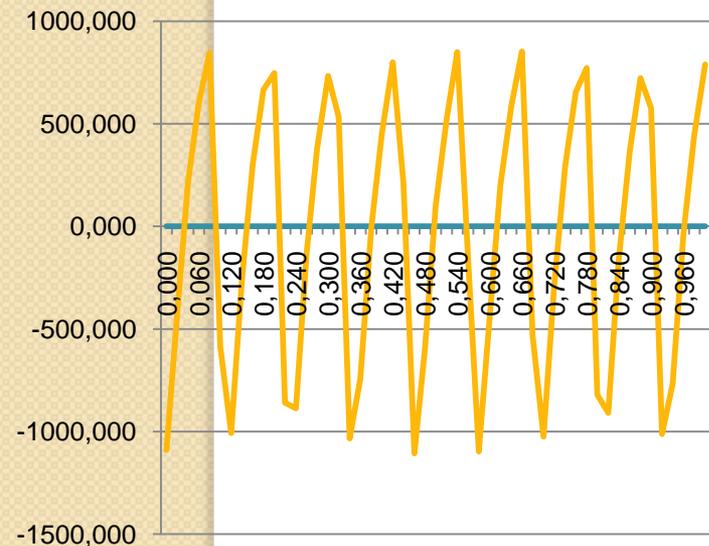


Effort vertical 1

Effort vertical 2
522 tr/min

Effort de 1500N

Re en flexion: 240-300MPa



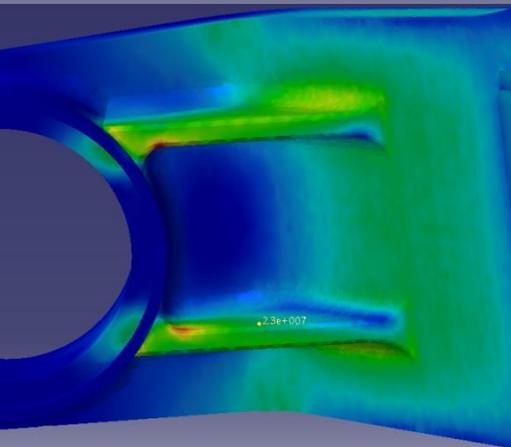
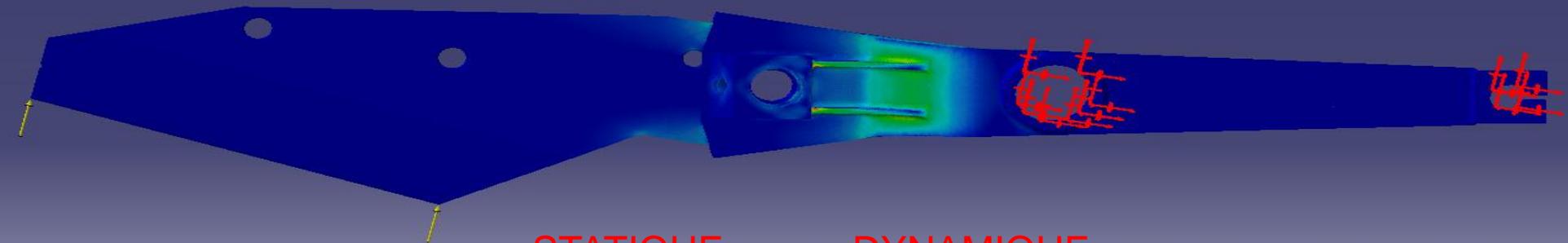
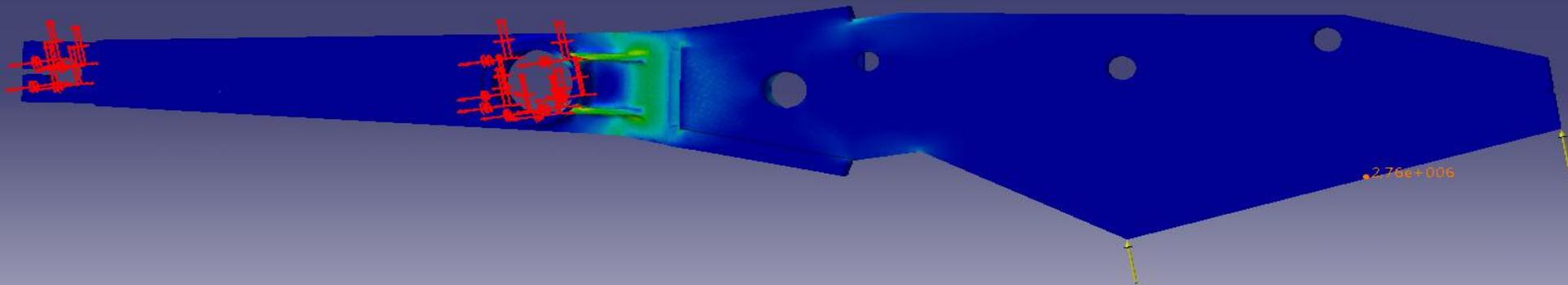
Etude dynamique

$$F_{a_{\text{dynmax}}} = F_{a_{\text{statmax}}} + 1100 = 4100 \text{ N}$$

$$F_{b_{\text{dynmax}}} = F_{b_{\text{statmax}}} + 2400 = 6900 \text{ N}$$

REPARTITION DES EFFORTS

Modèle 1



STATIQUE
Critère de Von Mises (aux noeuds).1
N_m2

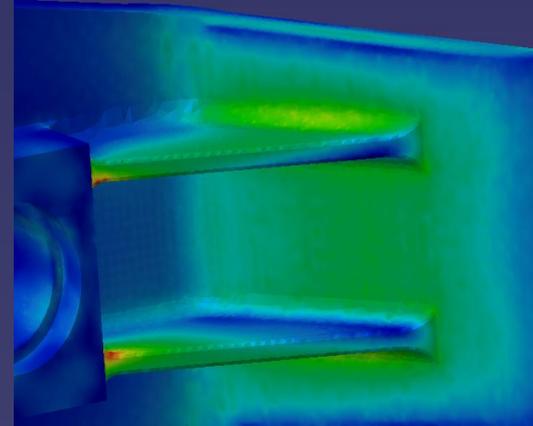
6,45e+007
5,81e+007
5,16e+007
4,52e+007
3,87e+007
3,23e+007
2,58e+007
1,94e+007
1,29e+007
6,45e+006
39,9

Uniquement sur la peau

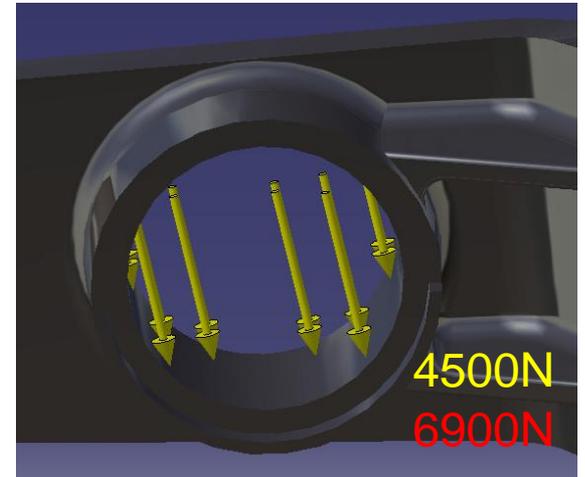
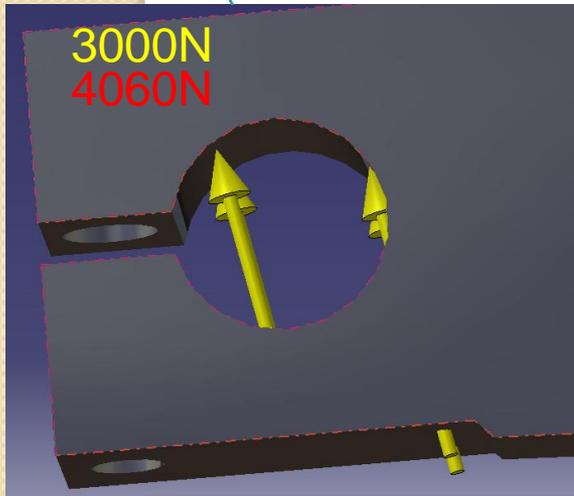
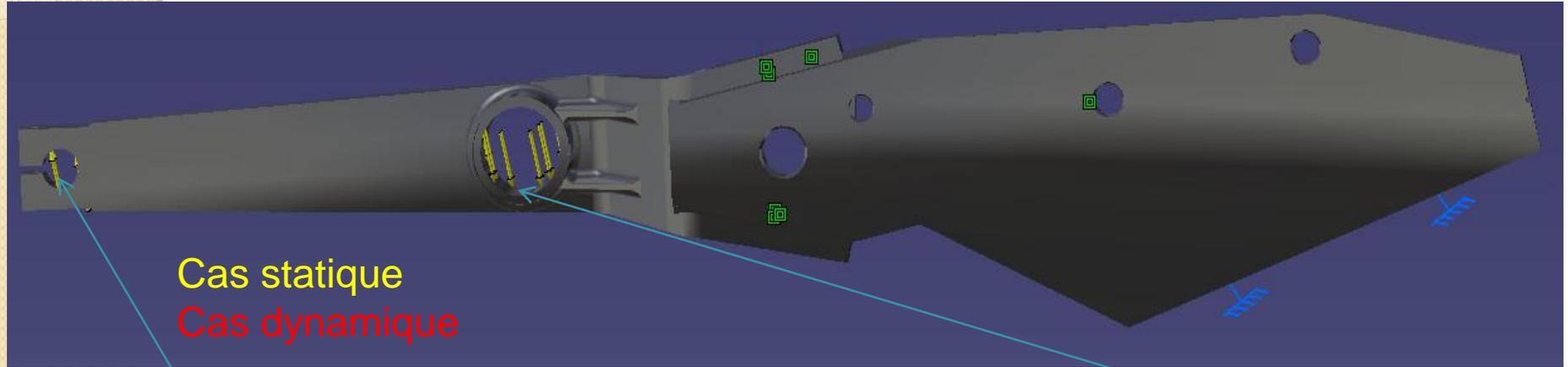
DYNAMIQUE
Critère de Von Mises (aux noeuds).1
N_m2

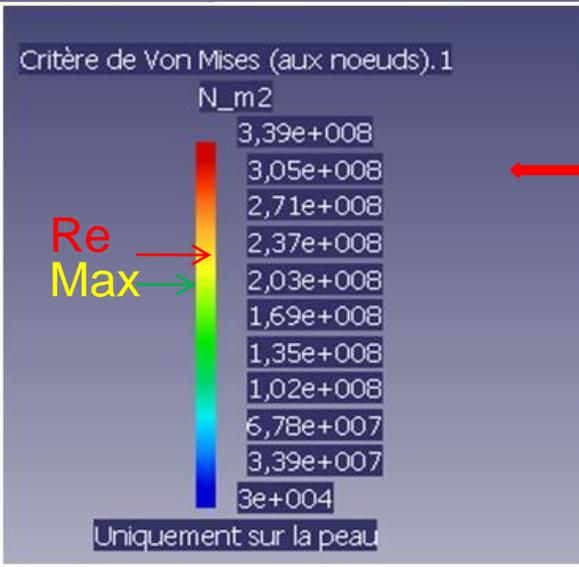
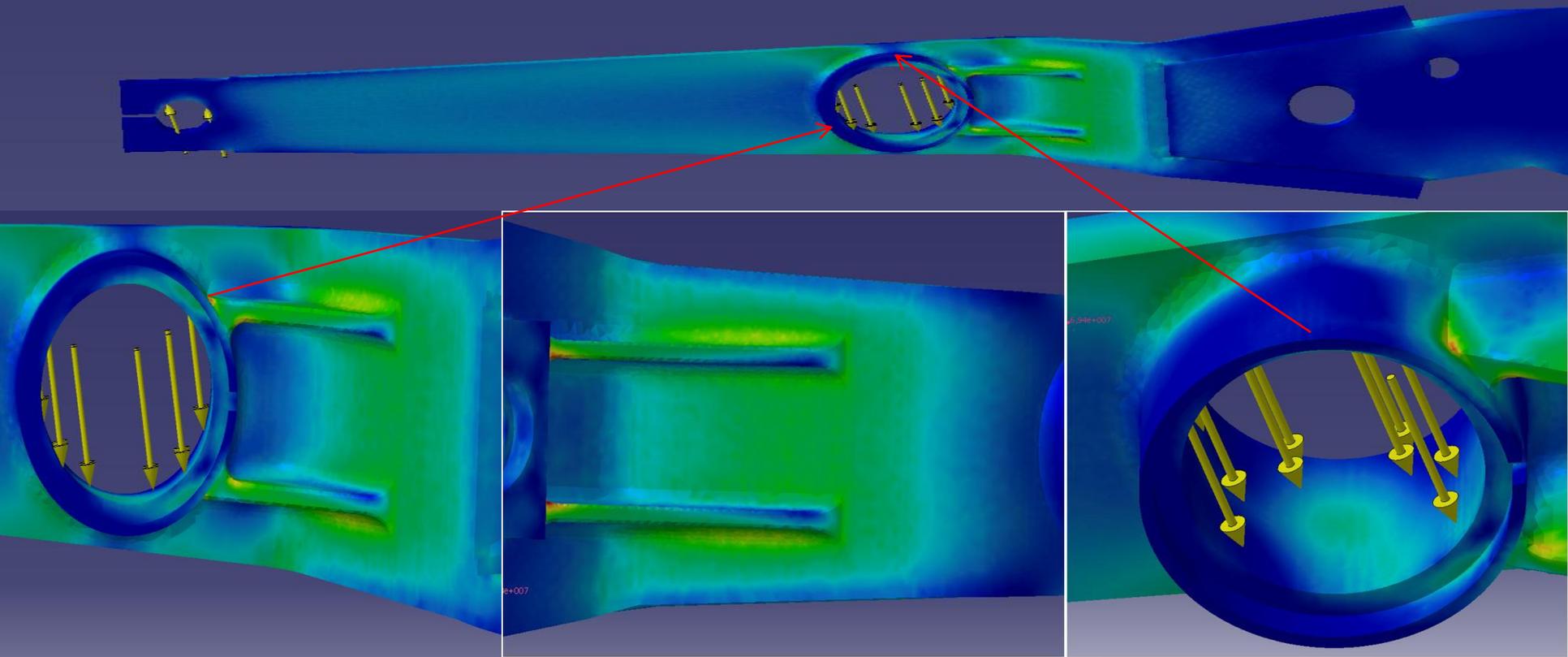
8,73e+007
7,86e+007
6,99e+007
6,11e+007
5,24e+007
4,37e+007
3,49e+007
2,62e+007
1,75e+007
8,73e+006
53,9

Uniquement sur la peau



Modèle 2

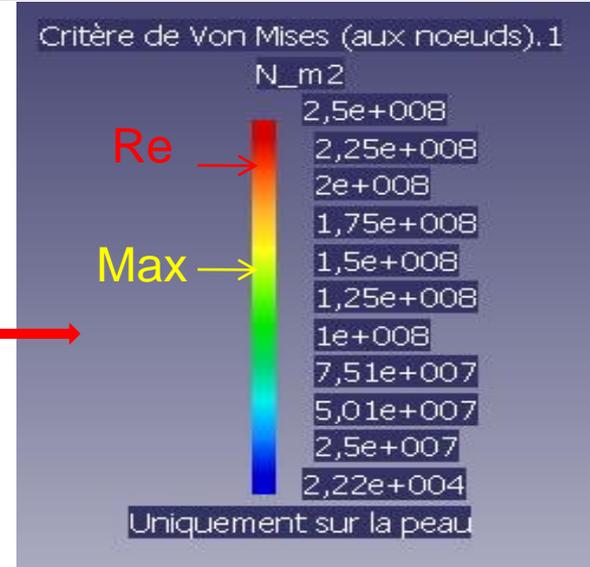




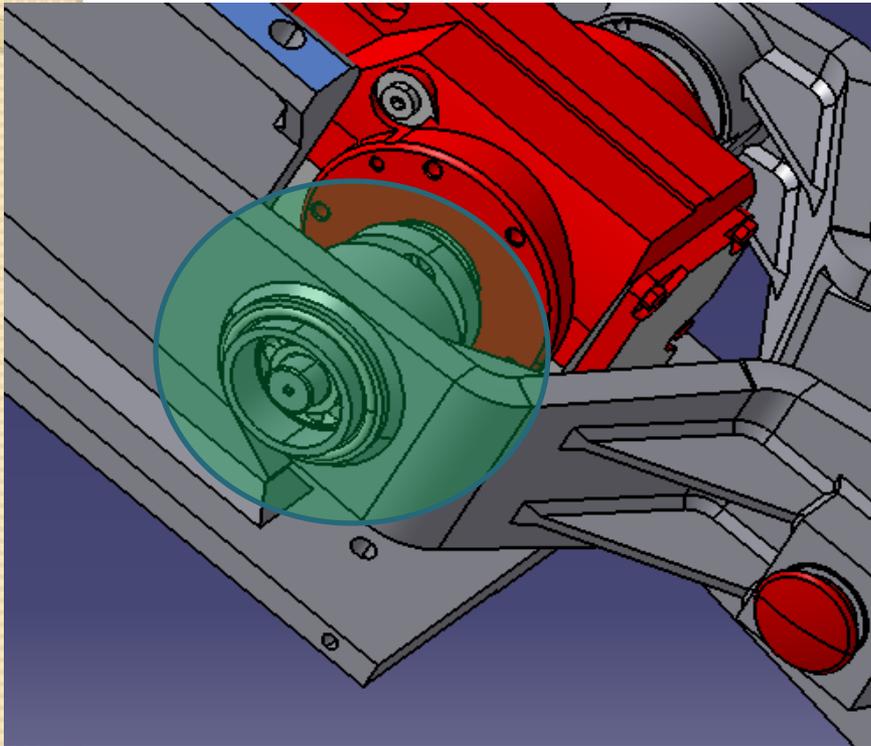
← DYNAMIQUE

STATIQUE →

Re = 220Mpa

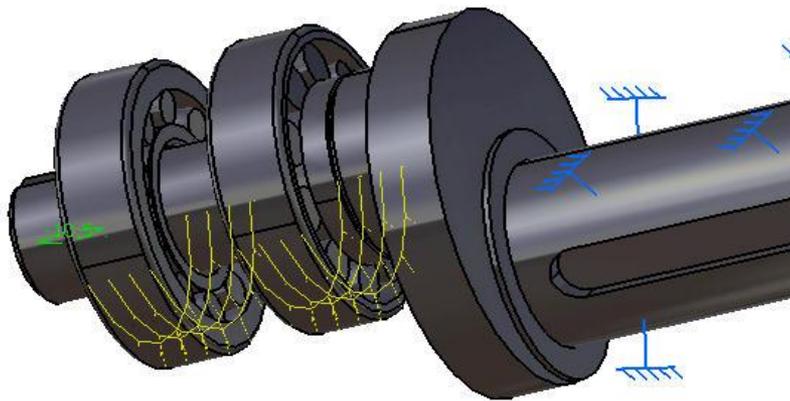


I-ETUDE STATIQUE ET DYNAMIQUE DES EFFORTS SUR LE MANETON



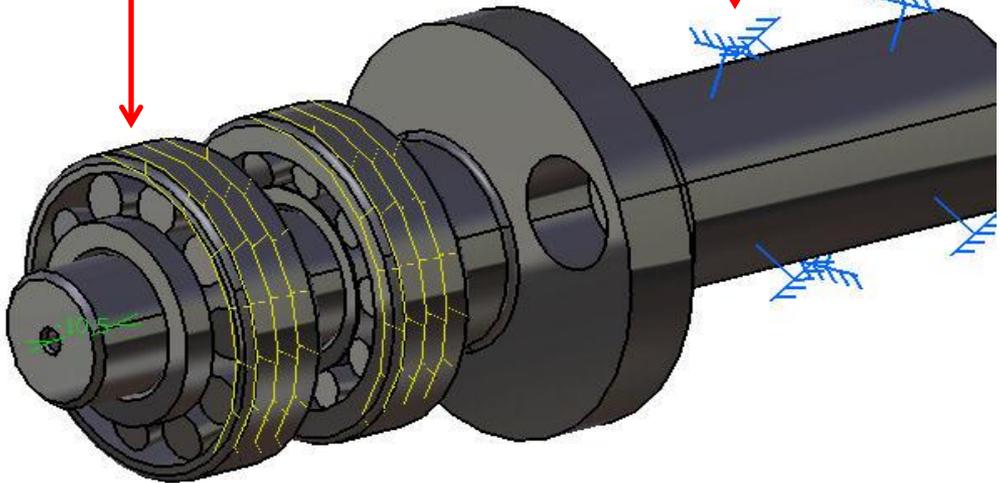
- On considère que les seules forces appliquées sur le bras sont son poids et la force appliquée sur la lame.
- Sélection d'un sous-ensemble ne comprenant que le demi-axe et les roulements
- On considère le demi axe dans le motoréducteur comme encastré.

Modélisation des efforts par paliers sur le maneton



Modélisation par palier

Zone considérée encastrée

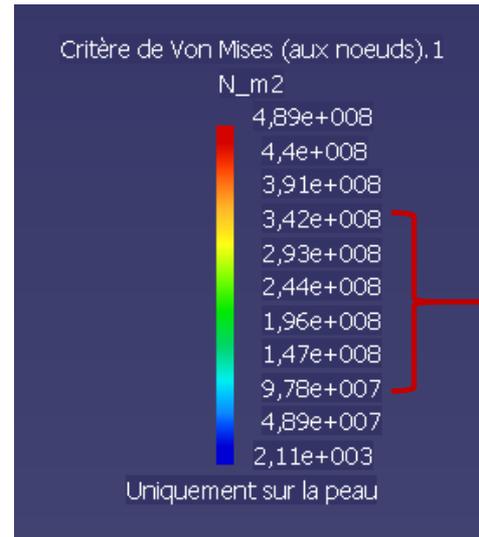
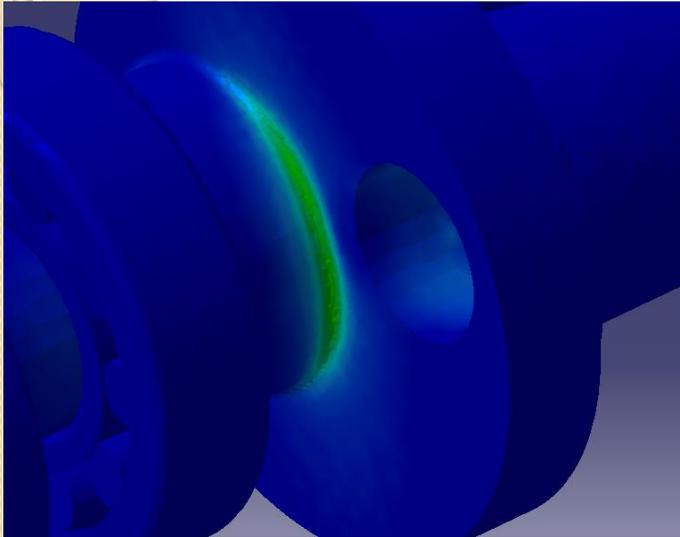


Charge statique: 2000N par roulement.
Charge dynamique: 3000N par roulement.

Re 35CD4: 800 Mpa

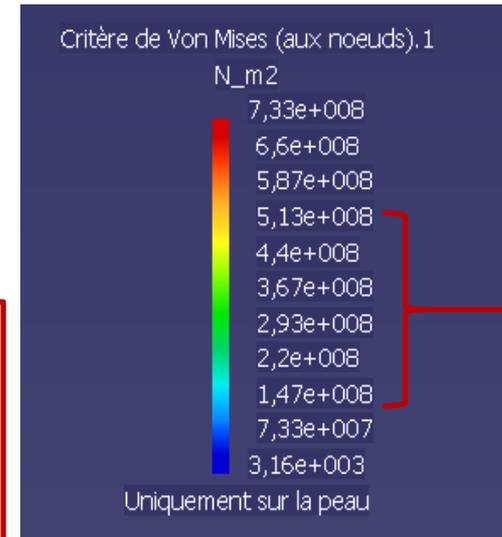


Résultats selon les contraintes de Von Mises



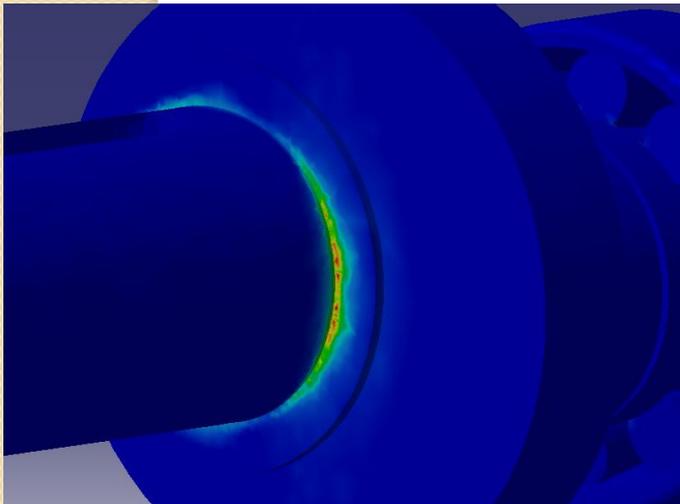
Cas statique

Contrainte maximum moyenne:
300 MPa



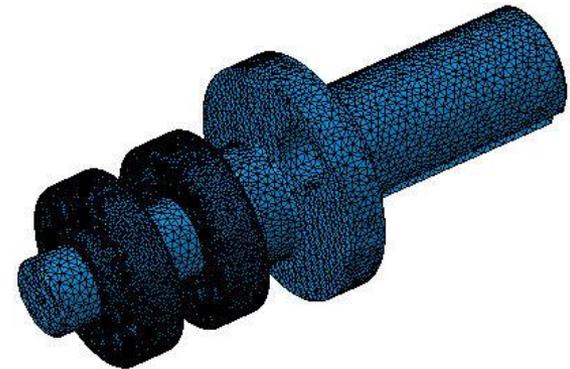
Cas dynamique

Contrainte maximum moyenne:
500 MPa



Résultats et conclusion pour le maneton

- Points chauds des contraintes aberrants: Il existe un rayon d'outil minimum empêchant cette concentration de contraintes.
- Contraintes observées effectivement aux endroits où les casses ont été notées.
- L'ordre de grandeur des contraintes est tout à fait de l'ordre de celui des limites mécaniques du matériau (35CD4).



Conclusions de l'étude

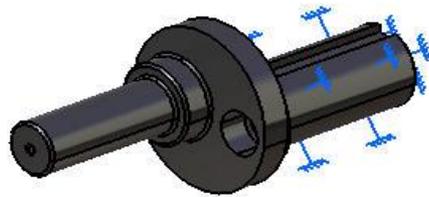
- Les soudures ont concentré les contraintes, causant les ruptures
 - Le moulage évitait cela et donc empêchait la casse
 - Cette concentration de contraintes a directement agi sur le maneton
-
- Pour résoudre ce problème, il faut s'atteler à un nouveau dimensionnement des pièces sollicitées
 - Les contraintes sont toutes en dessous du R_e : la casse provient d'une autre cause.



◦ Etude modale

- Simulation des pièces en éléments finis
- Détermination des modes
- Effectuer un maillage précis
- Obtenir des résultats cohérents

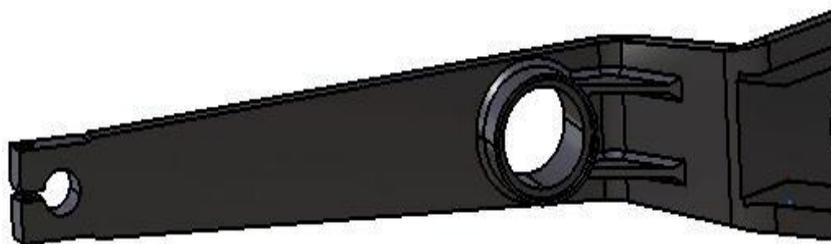
Maneton



Max
Ly

Numéro du mode	Fréquence Hz	Stabilité
1	2.6845e+003	5.8660e-015
2	3.2567e+003	1.8506e-014
3	9.5010e+003	6.3913e-011
4	1.1102e+004	3.4287e-009
5	1.3216e+004	1.7049e-008
6	1.6115e+004	5.6824e-007
7	1.7666e+004	2.6898e-006
8	2.1781e+004	7.2883e-006
9	2.1834e+004	1.0254e-004
10	2.5132e+004	7.2660e-005

Bras



Numéro du mode	Fréquence Hz	Stabilité
1	8.7946e+001	2.1732e-014
2	1.5922e+002	2.9195e-014
3	3.6656e+002	6.2907e-013
4	8.1141e+002	8.2621e-010
5	1.0581e+003	6.3190e-008
6	1.2133e+003	3.1083e-007
7	1.5327e+003	9.5516e-007
8	2.2160e+003	3.0049e-005
9	2.5713e+003	1.1437e-004
10	2.6867e+003	5.4379e-004

Resultats

- Des modes dont la fréquence ne dépasse jamais 88 Hz
- Une fréquence de fonctionnement de la boîte à couteaux de maximum 10 Hz

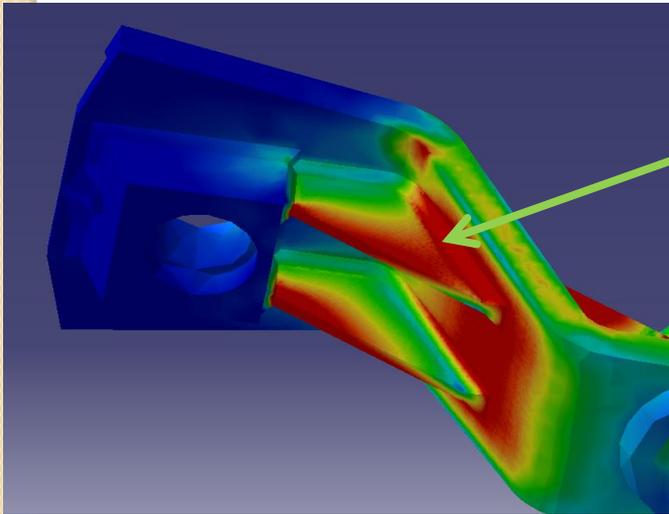
 La casse n'a pas de cause modale.

Analyse en fatigue

- La fatigue: une cause possible de la casse
- Un travail de recherche sur les matériaux
- Détermination des limites d'endurance des matériaux

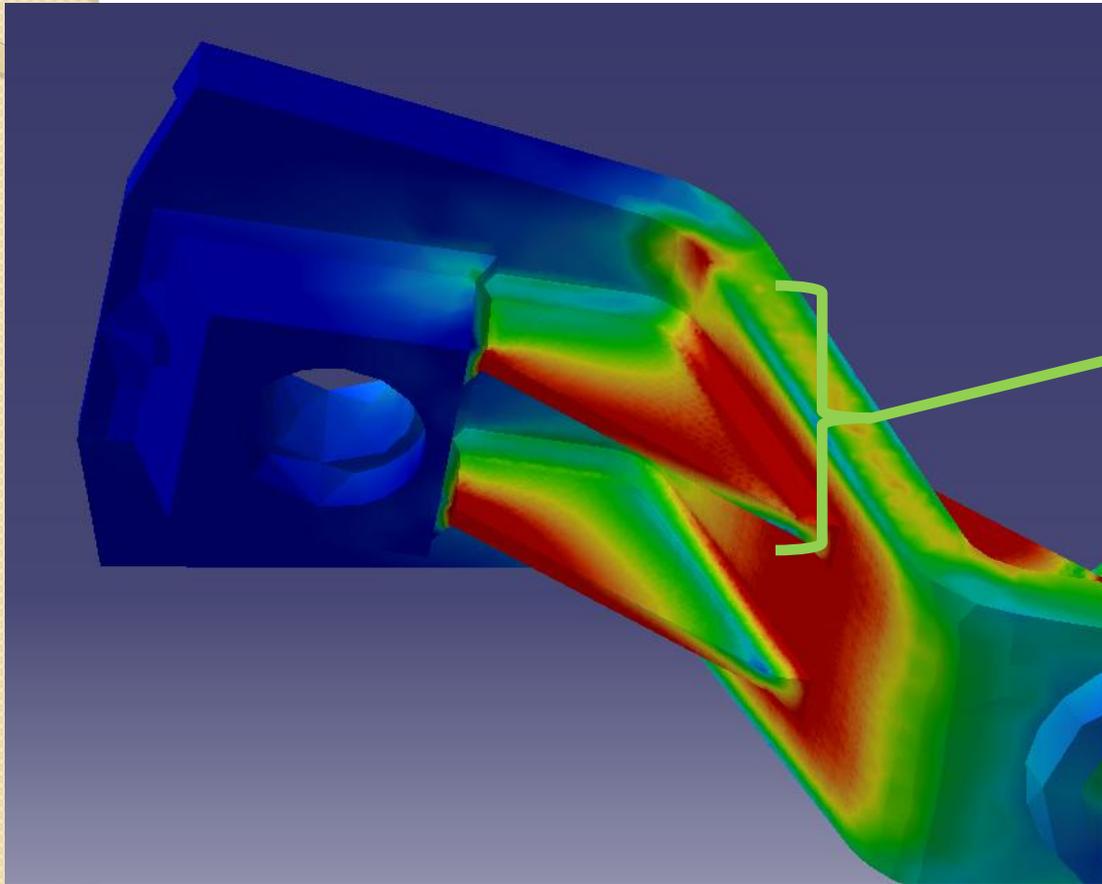
Les zones causes de rupture

- Analyse des points chauds et des soudures sur les pièces



Zone de points chauds :
zone où les contraintes
sont concentrées et sont
les plus importantes.

Le problème des soudures



Efforts centrés sur les soudures, qui sont déjà des problèmes structurels à cause de leurs éventuels défauts (inclusions...) et de la modification de l'homogénéité du matériau au niveau de la ZAT.

Courbe de Wöhler

- Détermination de la courbe C/N (bras)

Determination de la courbe Contrainte/Nombre de cycle

Matériau : 304L ou Z2 CN 18-10
 C'est donc un acier fortement allié.
 En théorie : 0,02% de C, 18% de Cr et 10% de Ni

C	Mn	Si	S	Ni	Cr	Cu	Mo	P	N ₂
0,029	1,86	0,37	0,004	10,00	18,00	0,02	0,04	0,029	0,056

D'après Haddar, p.61 :

A 90°C :

$$\frac{\sigma}{2} = e^a \cdot (N_f)^{-b} + \sigma_D$$

Avec :

$$\begin{aligned} a &= 8,512 \\ b &= 0,426 \\ \sigma_D &= 149 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Où : σ_D est la limite d'endurance
 \bar{N}_f est le nombre de cycle à rupture

A noter que la résistance à la fatigue semble augmenter quand la T° diminue. En prenant la courbe à 90°C, on sous-estime la résistance du matériau

Température	Sens	R _{p 0,2} (MPa)	R _m (MPa)	Allongement à la rupture A (%)	Module d'élasticité E (GPa)	Striction Z (%)
Ambiante	L	220	555	68	196	78
		220	560	66	188	77
	T	220	546	68	192	73
		215	533	66	187	73

N_f	$\frac{\sigma}{2}$
3,1E+04	2,1E+02

A définir avec "valeur cible"

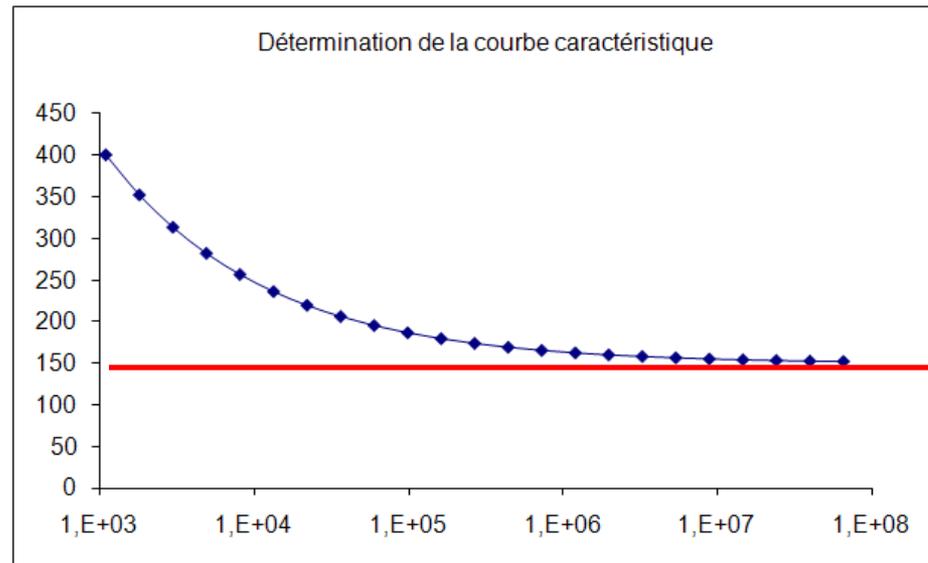
Nombre de cycles à rupture

σ_D bras = 149 MPa

Courbe caractéristique

Détermination de la courbe caractéristique

N_f	$\frac{\sigma}{2}$
1,1E+03	4,0E+02
1,8E+03	3,5E+02
3,0E+03	3,1E+02
4,9E+03	2,8E+02
8,1E+03	2,6E+02
1,3E+04	2,4E+02
2,2E+04	2,2E+02
3,6E+04	2,1E+02
6,0E+04	1,9E+02
9,9E+04	1,9E+02
1,6E+05	1,8E+02
2,7E+05	1,7E+02
4,4E+05	1,7E+02
7,3E+05	1,6E+02
1,2E+06	1,6E+02
2,0E+06	1,6E+02
3,3E+06	1,6E+02
5,4E+06	1,6E+02
8,9E+06	1,5E+02
1,5E+07	1,5E+02
2,4E+07	1,5E+02
4,0E+07	1,5E+02
6,6E+07	1,5E+02



150
Mpa

Conclusions

- Des efforts sur les points chauds supérieurs à la limite en fatigue pour les deux pièces
 - Maneton : Limite en fatigue 450 Mpa, efforts excédant les 550 Mpa.
 - Bras : Limite en fatigue 150 Mpa, efforts dépassant les 200 Mpa.



La fatigue est la cause de la rupture des pièces.

Reconception du bras

- Supprimer les soudures
- Renforcer la forme
- Ajuster la conception pour décentraliser les efforts
- Tenir compte du coût

Recherche, simulation

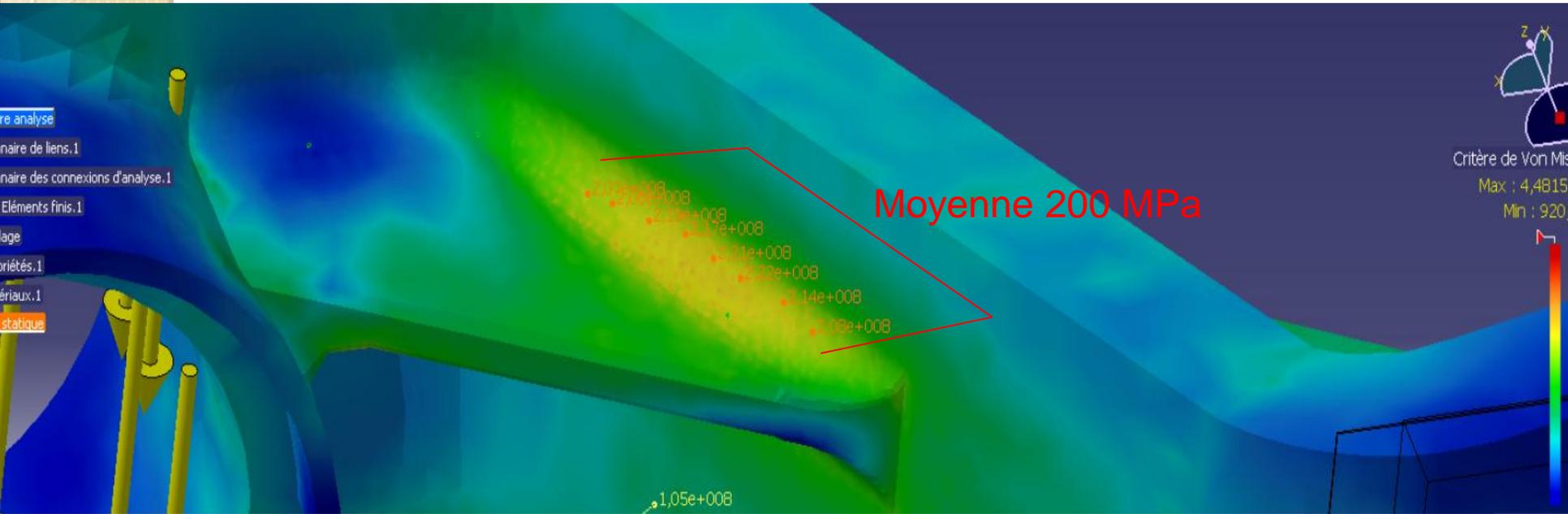
- Grand nombre de solutions proposées
 - Chaque solution testée en éléments finis
 - Grand nombre d'idées
 - Calcul modal pour les solutions apparaissant parfois viables
- Temps conséquent alloué aux calculs

Solutions possibles pour éviter la casse du bras

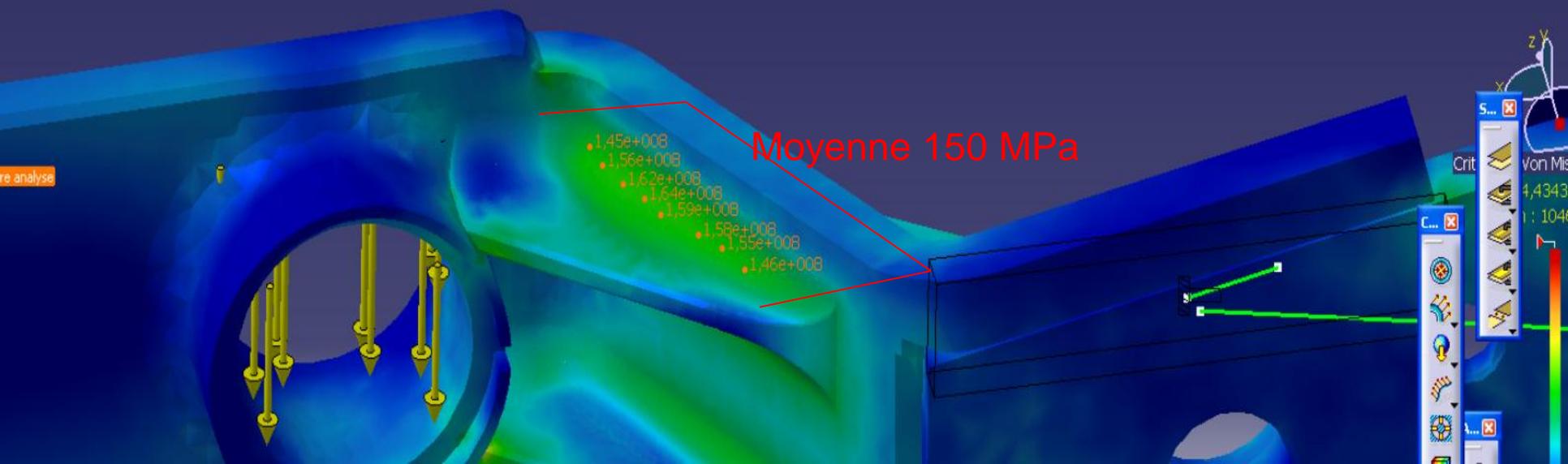
Solution avec soudure

- Augmenter la taille de la nervure
- Augmenter la taille du cordon de soudure

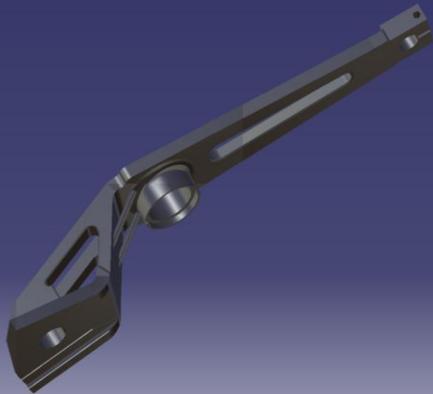
Résultat



111.CATAnalysis

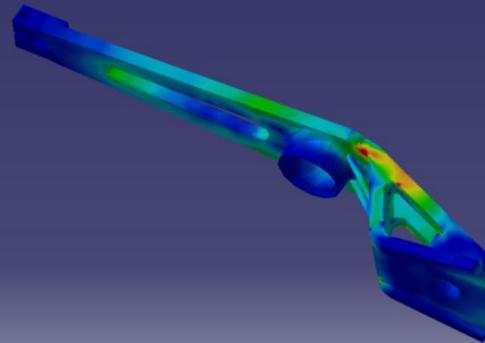


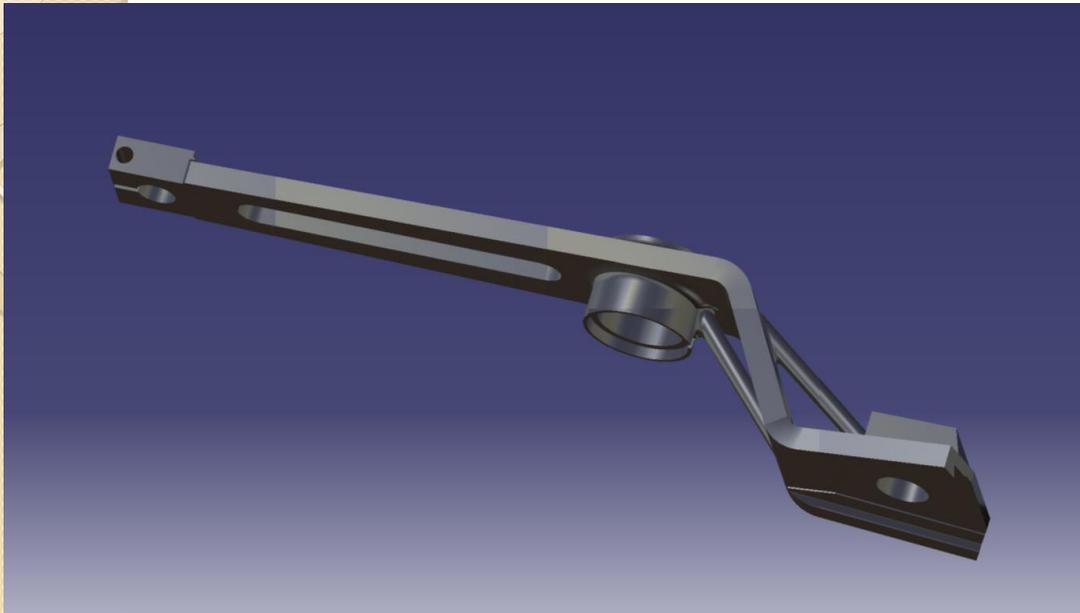
Solutions



Solution axée sur une mise en treillis des supports du bras

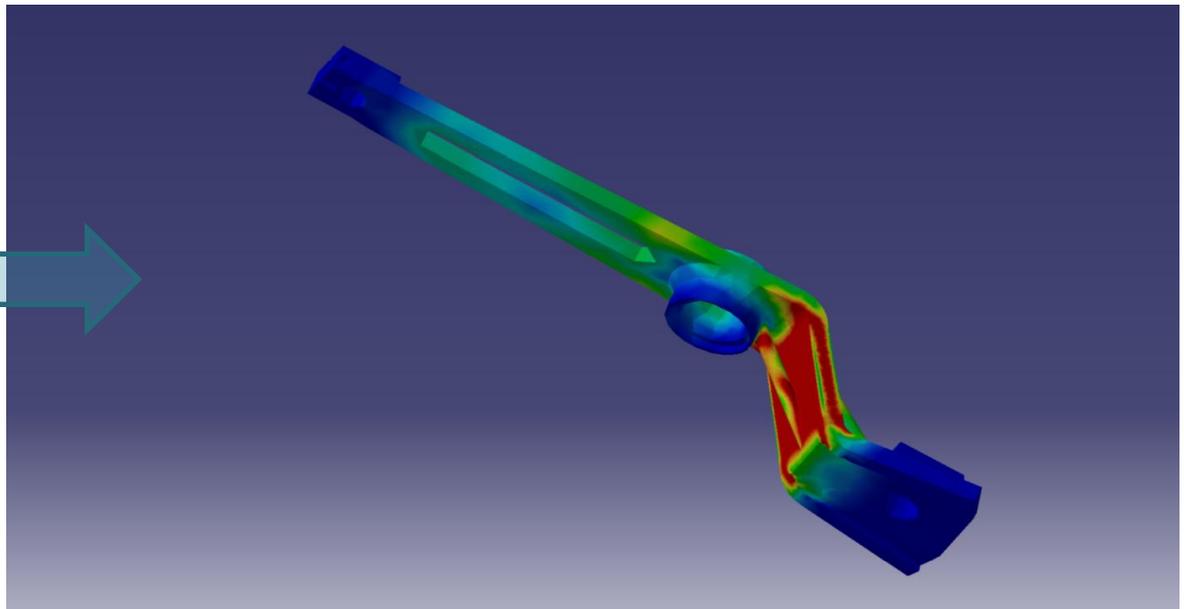
Bons résultats mais points chauds toujours présents

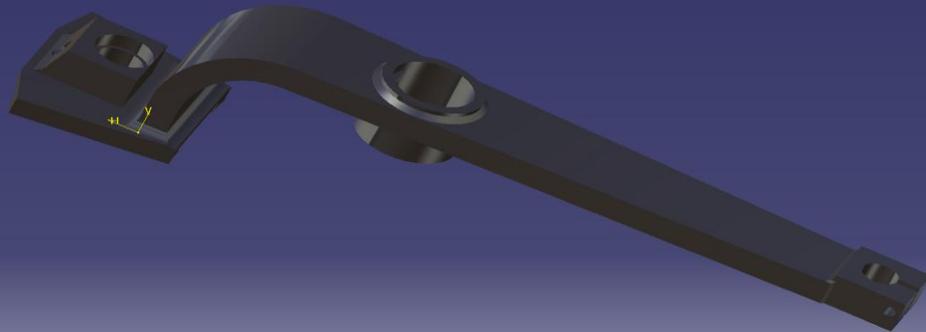




Une des premières solutions

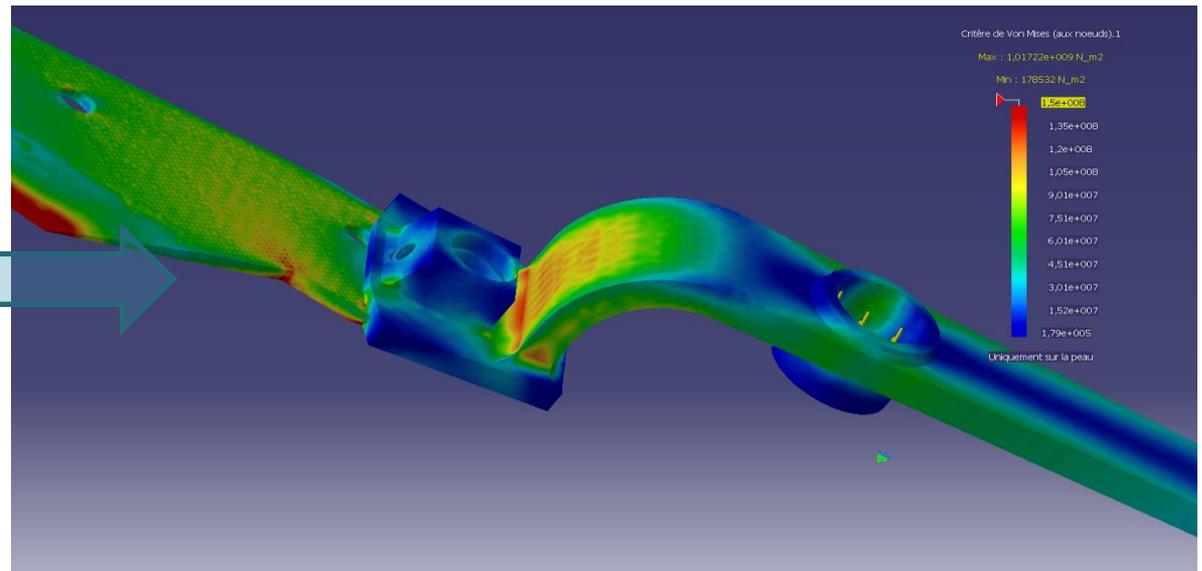
On voit bien que les contraintes sont bien trop importantes.



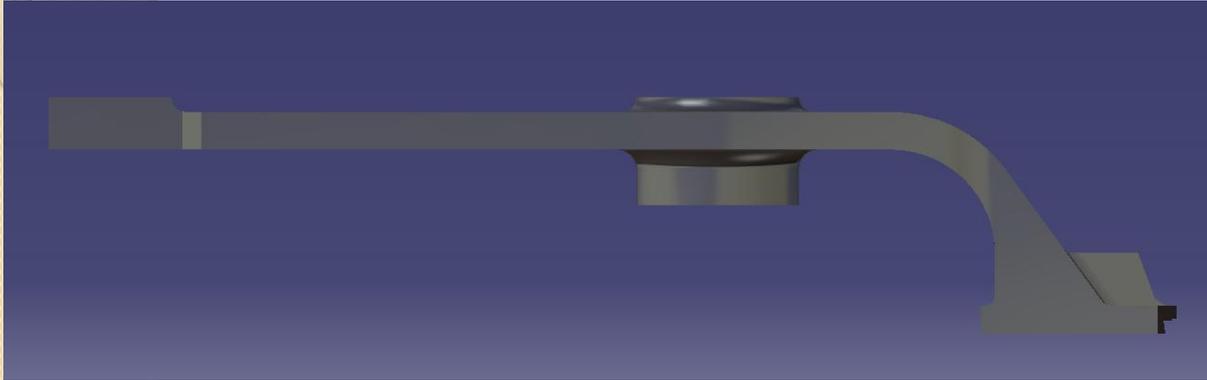


Solution mécano-soudée:
la courbure est obtenue
par roulage, les
différentes pièces sont
ensuite soudées.

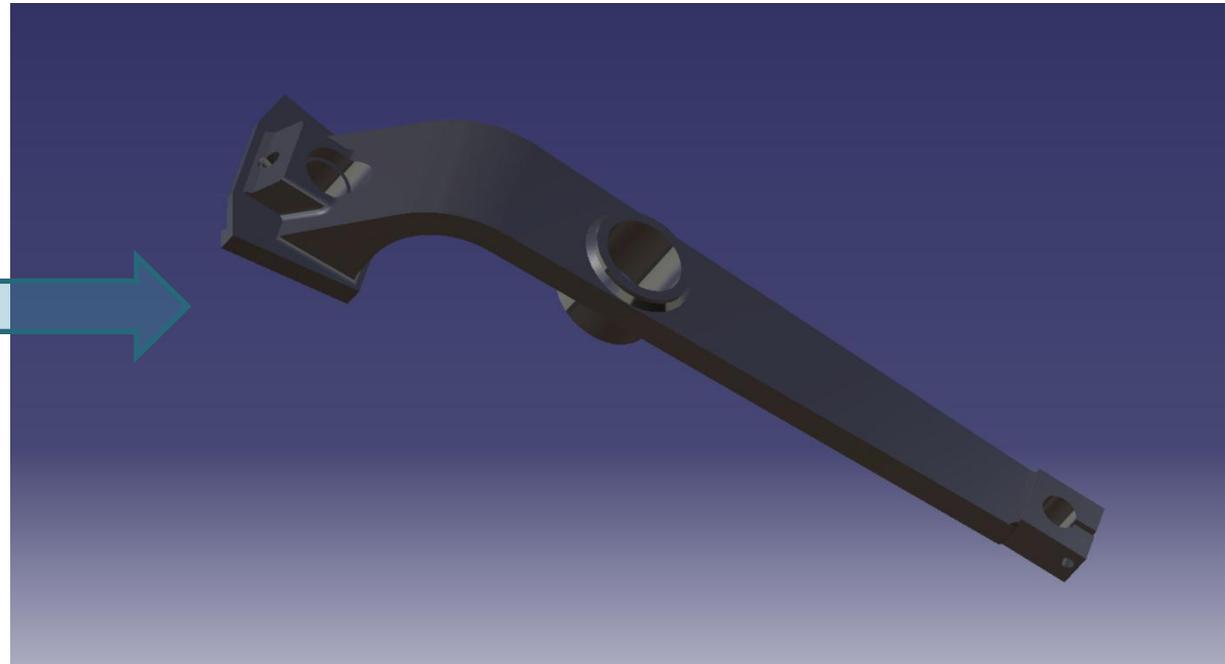
Très bons résultats,
mais réserves quand à
la longévité, la
faisabilité (nécessaire
d'avoir d'excellentes
tolérances) et la
réalisation.

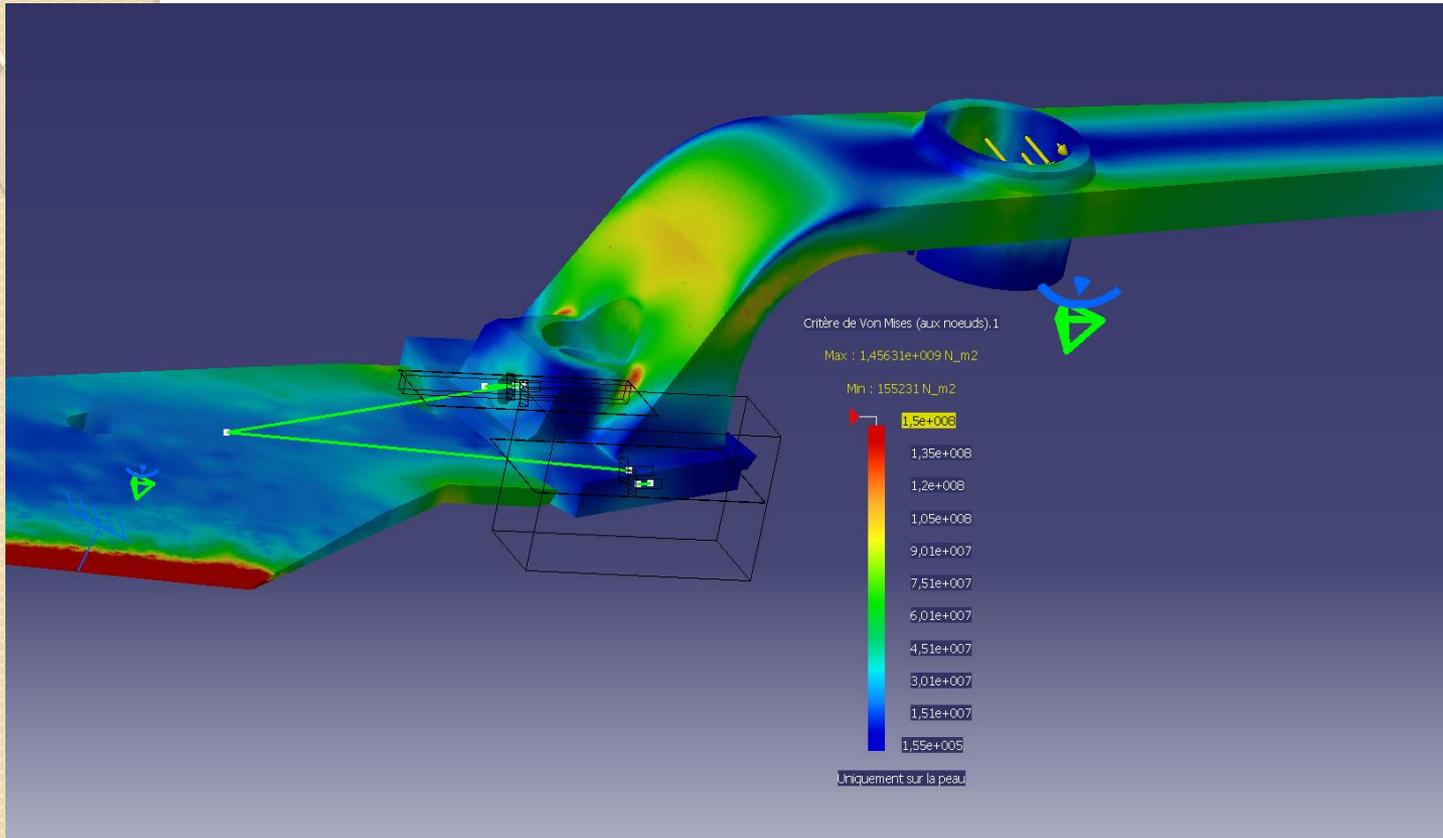


Solution validée



Une courbure
différente pour une
meilleure absorption
des contraintes





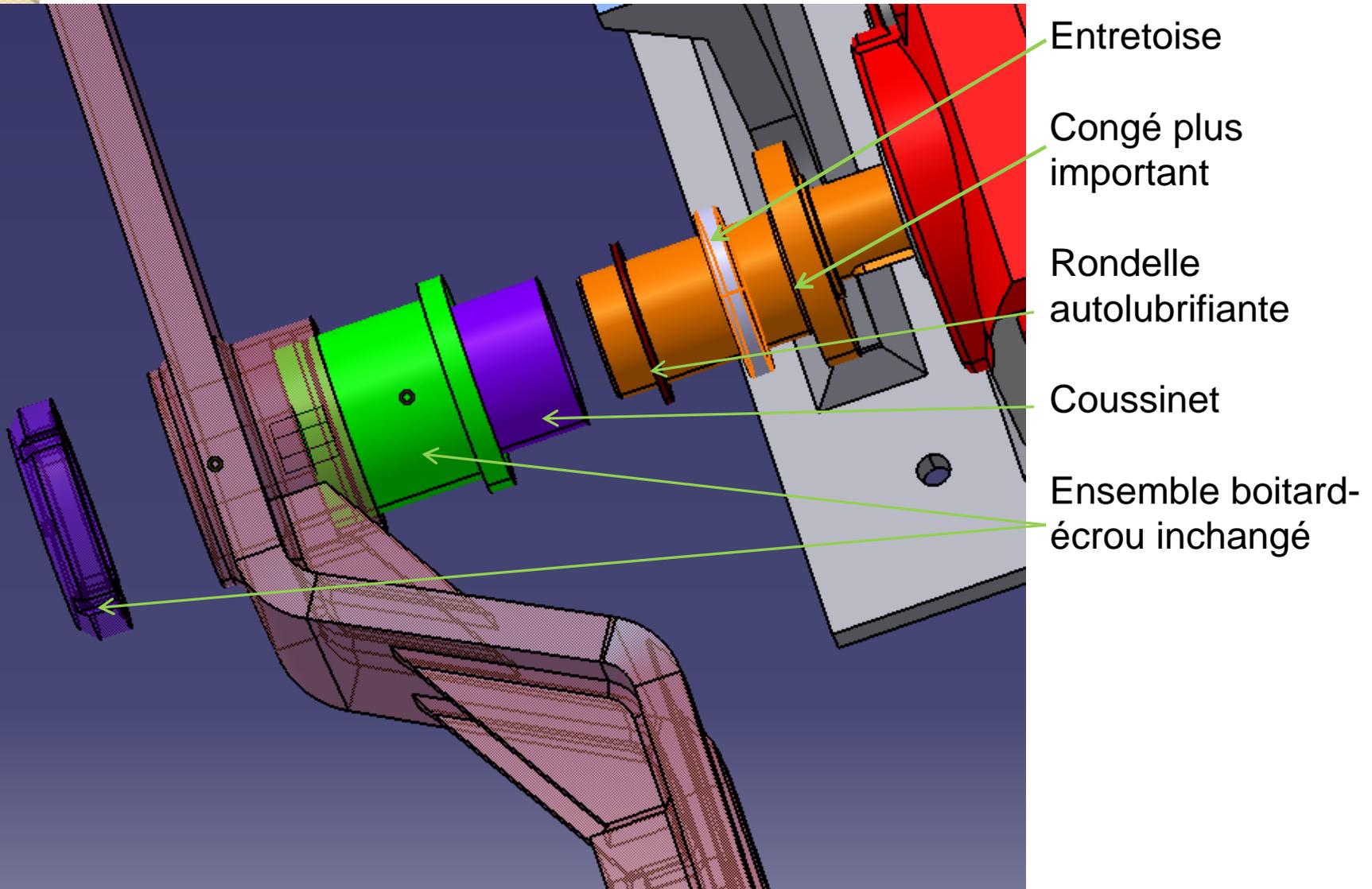
Tout le bras est usiné.

Des résultats excellents, une répartition des contraintes optimale, sans point chauds. Seul bémol : le coût de l'usinage.

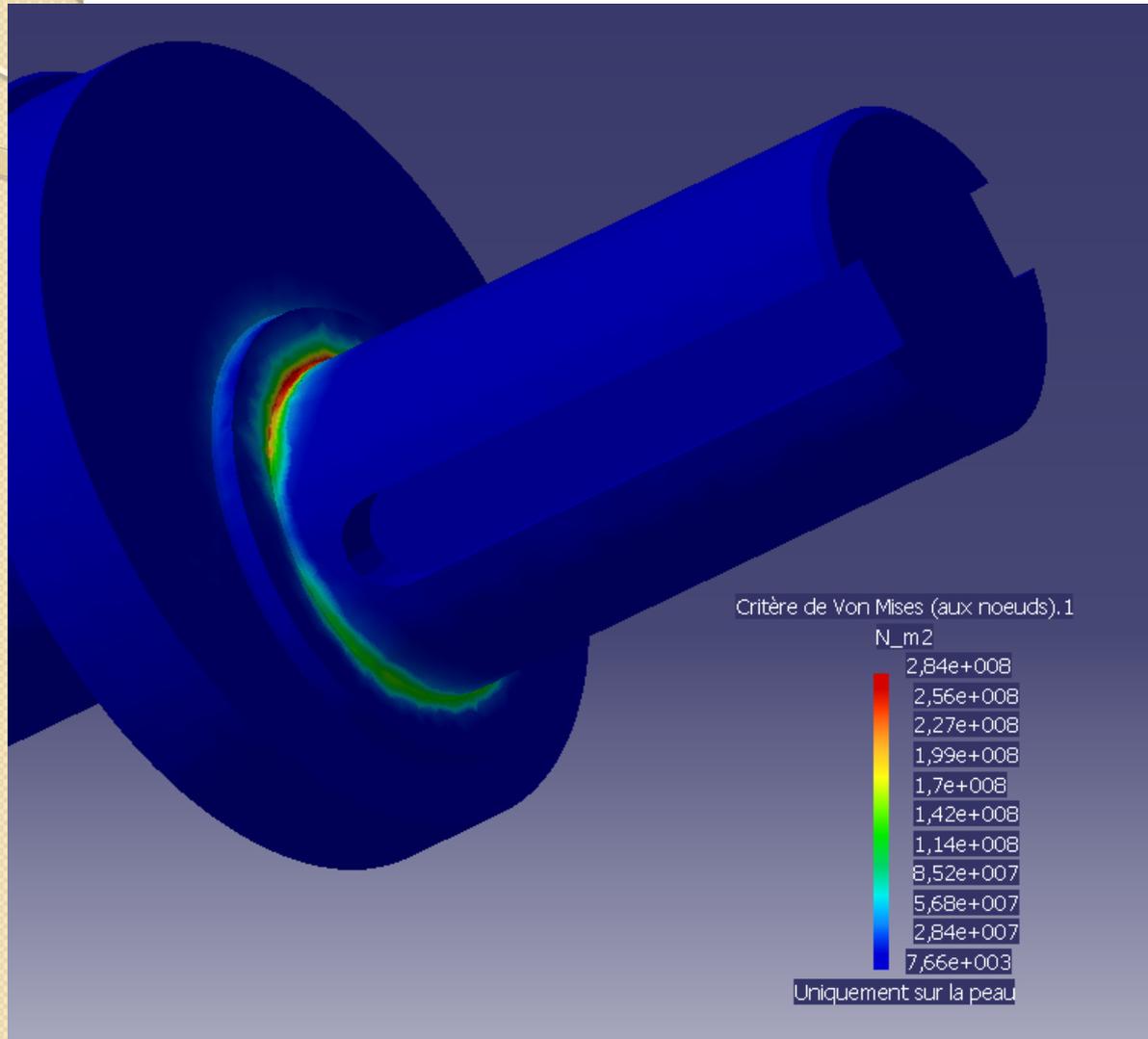
Maneton

- Le problème de la charge supplémentaire
- Les paramètres nécessaires:
 - Garder les roulements
 - Tenir compte de l'encombrement supérieur
 - Les résultats d'un accroissement éventuel du diamètre du maneton
 - Tenir compte des efforts bien plus importants.

Solution proposée pour le maneton

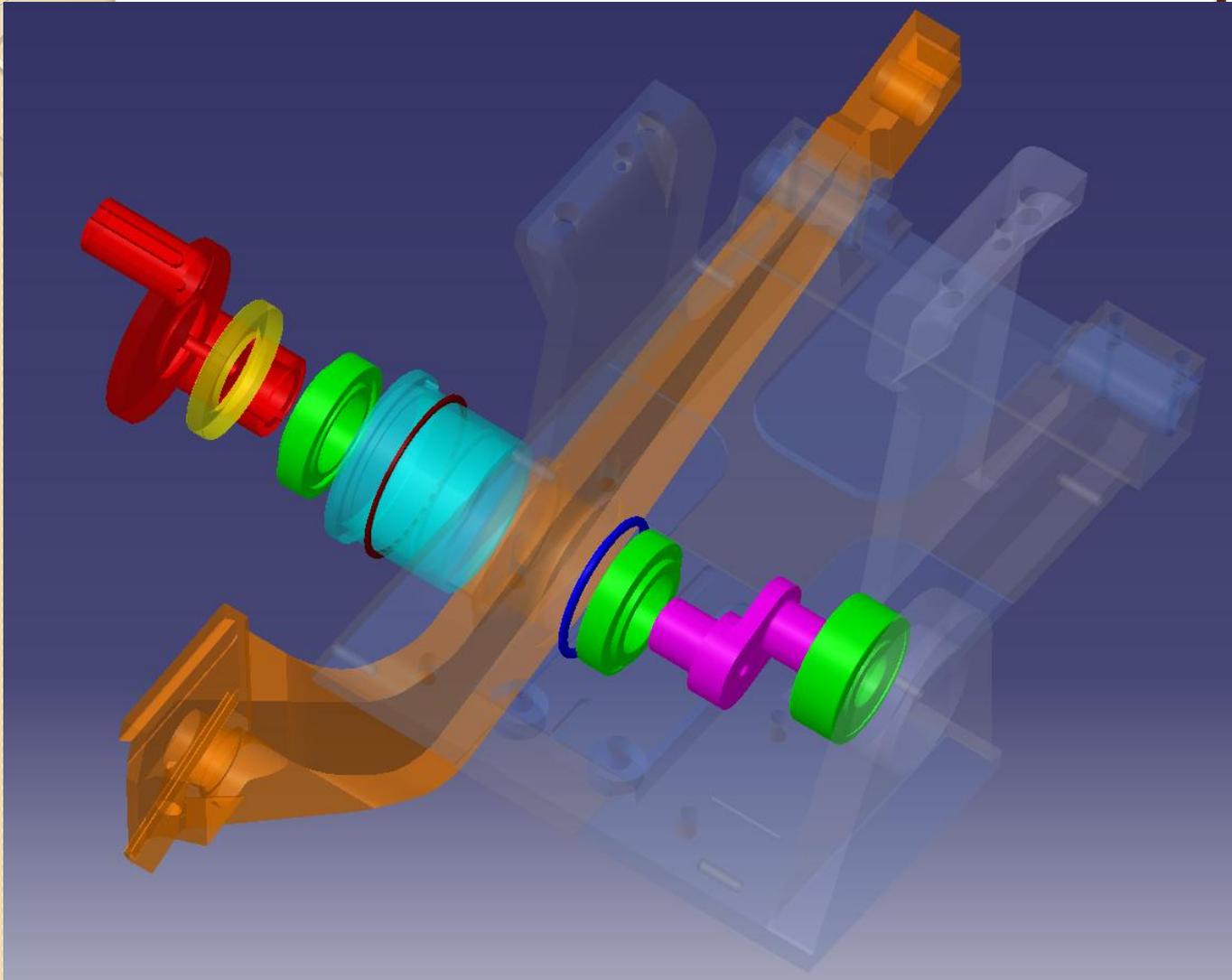


Résultats dynamique

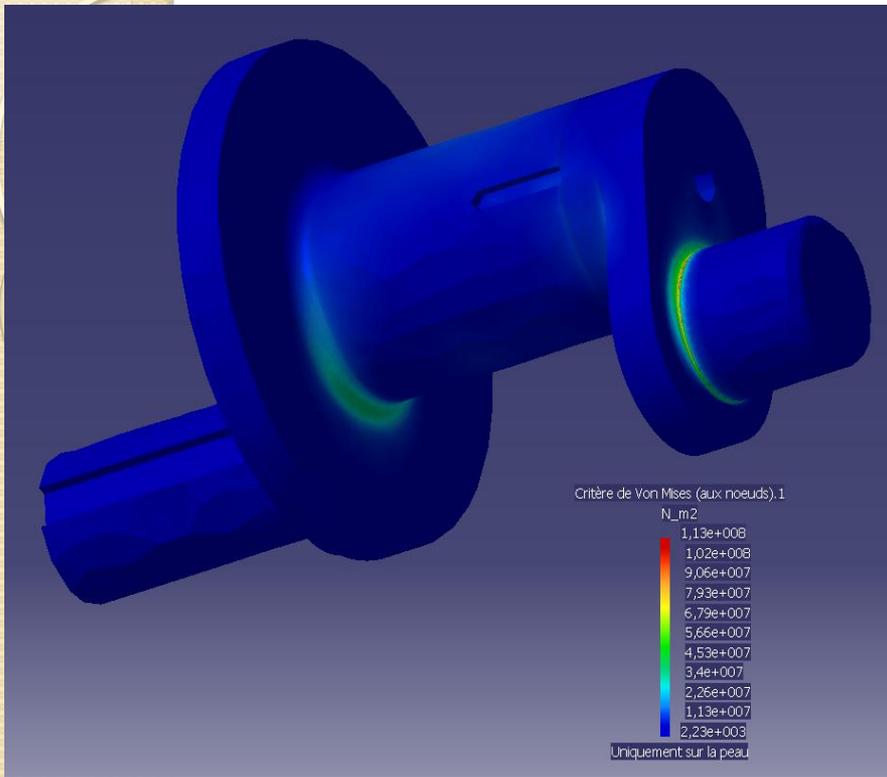


Contrainte
maximale
diminuée d'un
facteur 2.

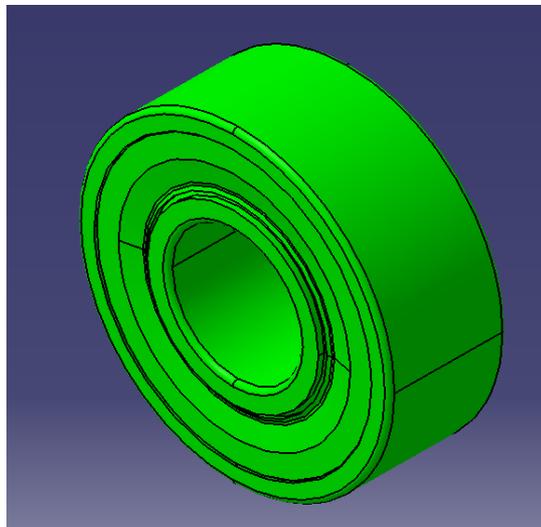
Solution avec vilebrequin



Solution avec vilebrequin :
Excellente répartition des efforts, très bonne rigidité, aucun problème structurel.
Bémol: un coût élevé dû à l'usinage des paliers et des nouvelles pièces.

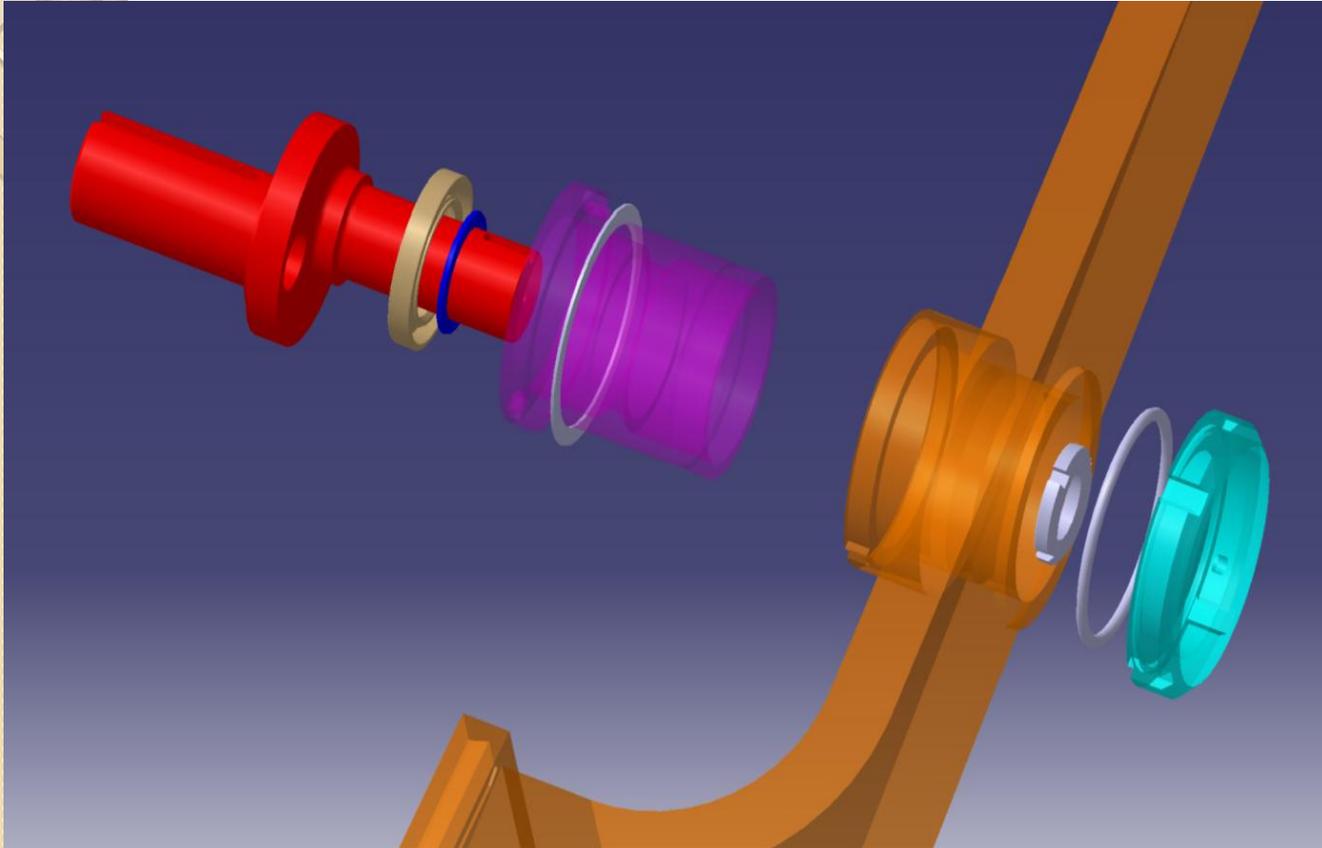


Comme on peut le voir, les efforts sont réduits d'un facteur 4 .



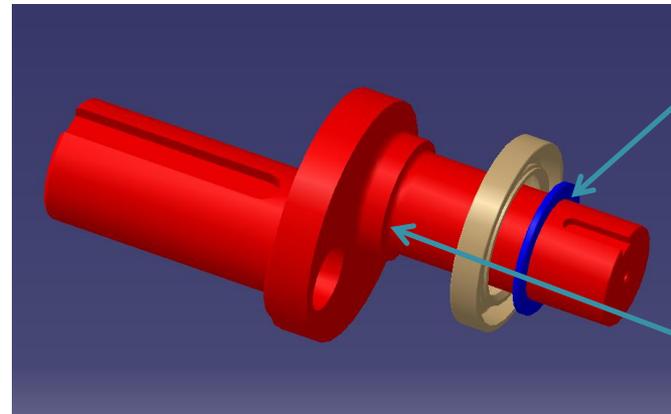
Ajout d'un roulement à rotule pour éviter l'hyperstatisme.

Solution conservée



Eclaté de la solution redimensionnée.

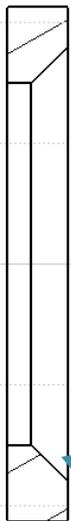
Efforts plus importants mais inférieurs à la limite d'endurance, aucune augmentation d'encombrement, même système de montage.



Entretoise

Congé plus important

Les entretoises sont des pièces rajoutées qui sont au cœur de notre conception. En effet, elles permettent de construire des congés importants (supérieurs à 0.5 mm) sur le maneton tout en permettant de toujours avoir une surface d'appui. Le chanfrein des entretoises vient se place au-dessus du congé



Coupe A-A

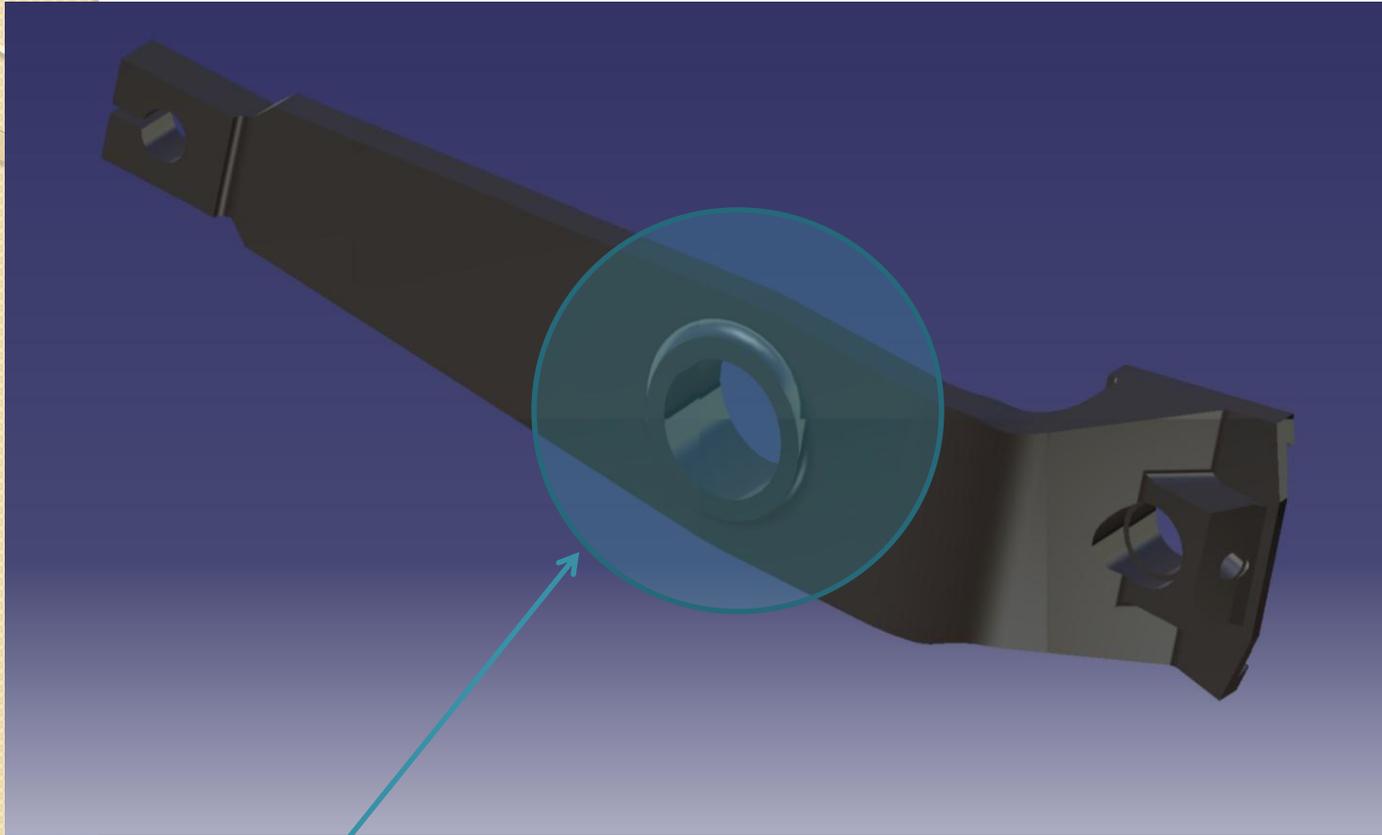
Echelle : 1:1

Chanfrein de la même taille que le congé

Conception de la boîte à veaux

- Une nouvelle conception:
 - Des efforts quatre fois plus importants
 - Des contraintes d'encombrement plus libres
 - Un budget différent
- Faire attention à d'éventuelles pièces sujettes à des casses avec les nouveaux efforts.

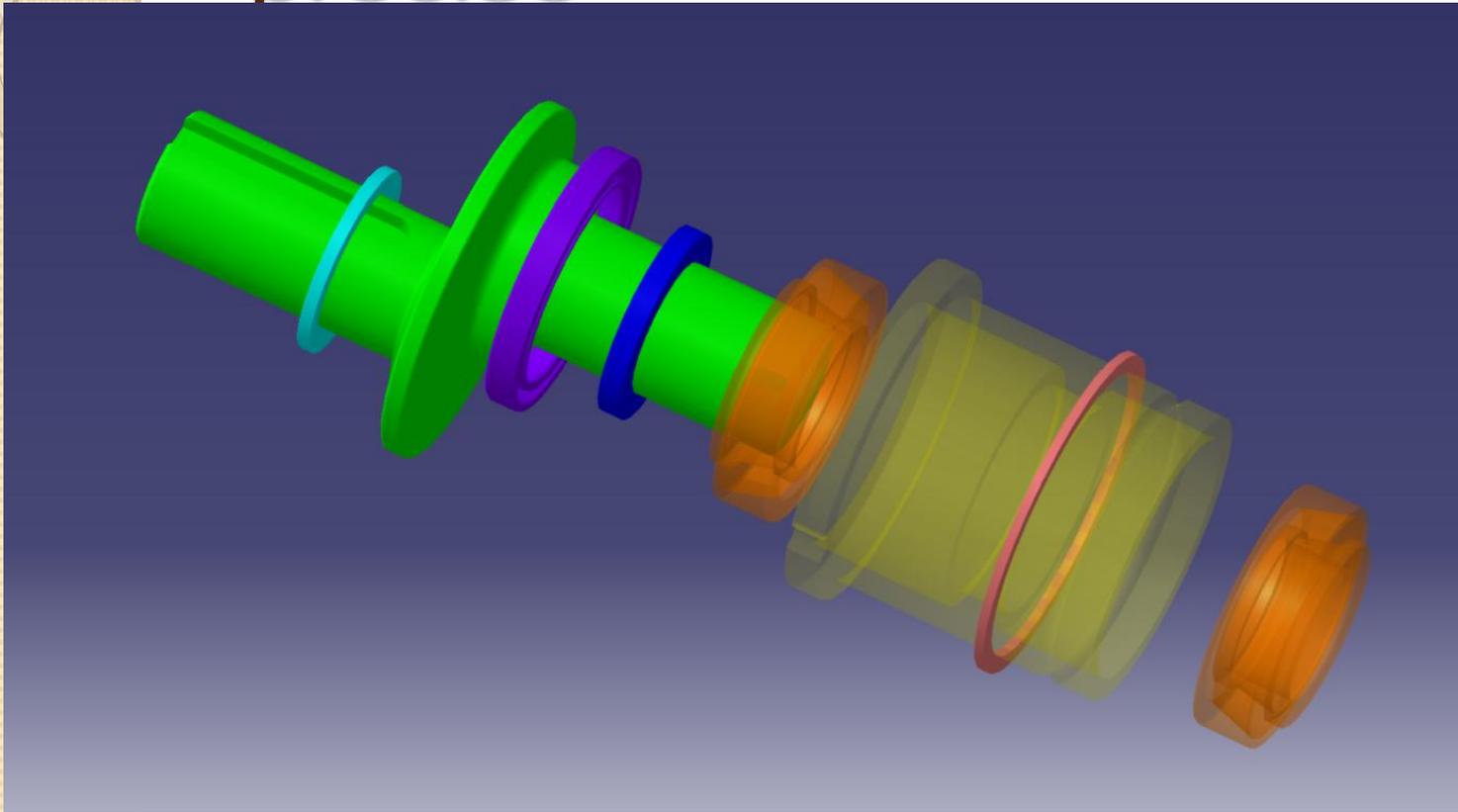
Le bras



Zone épaissie et renforcée,
diamètre plus important.

Même structure que précédemment.

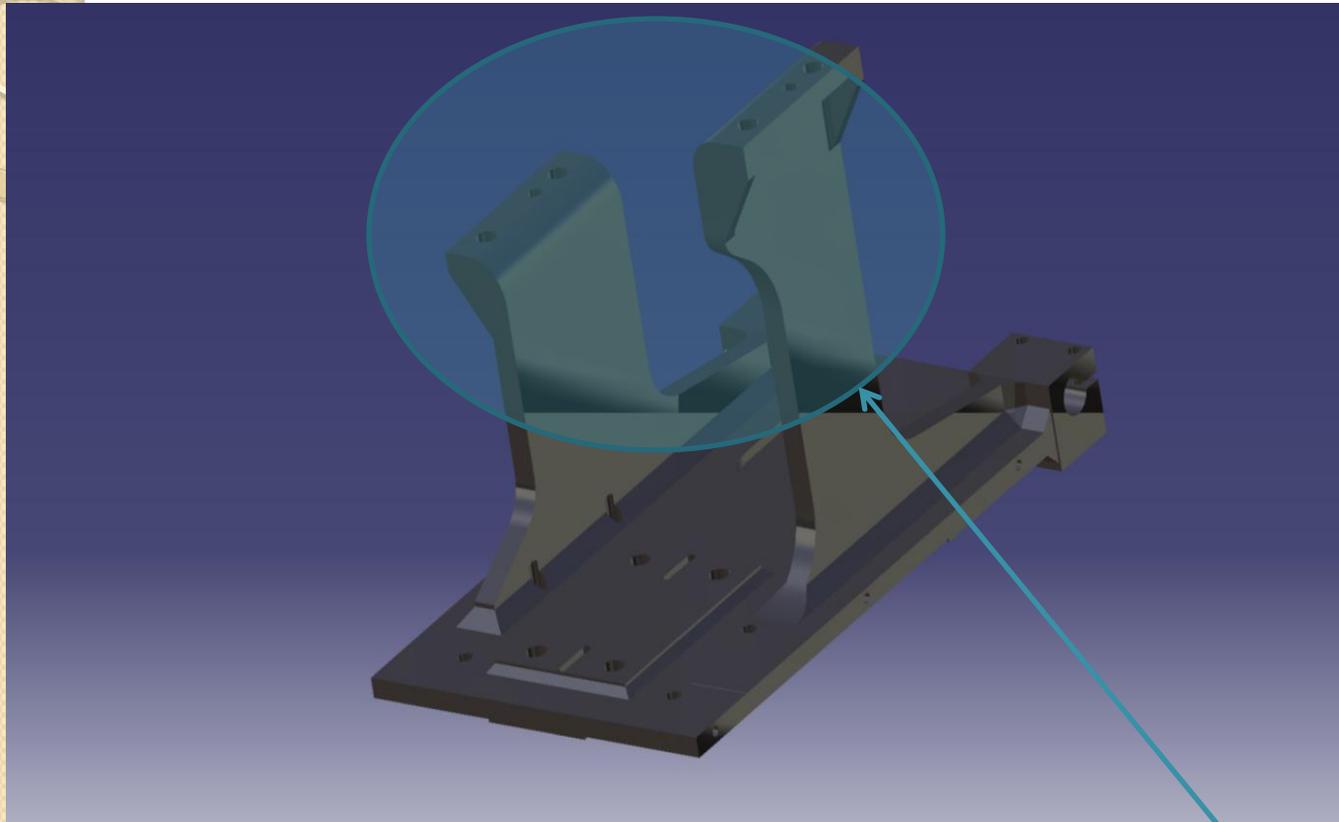
Le maneton : une conception précise



Entretoises plus épaisses
permettant l'ajout de congés plus
importants

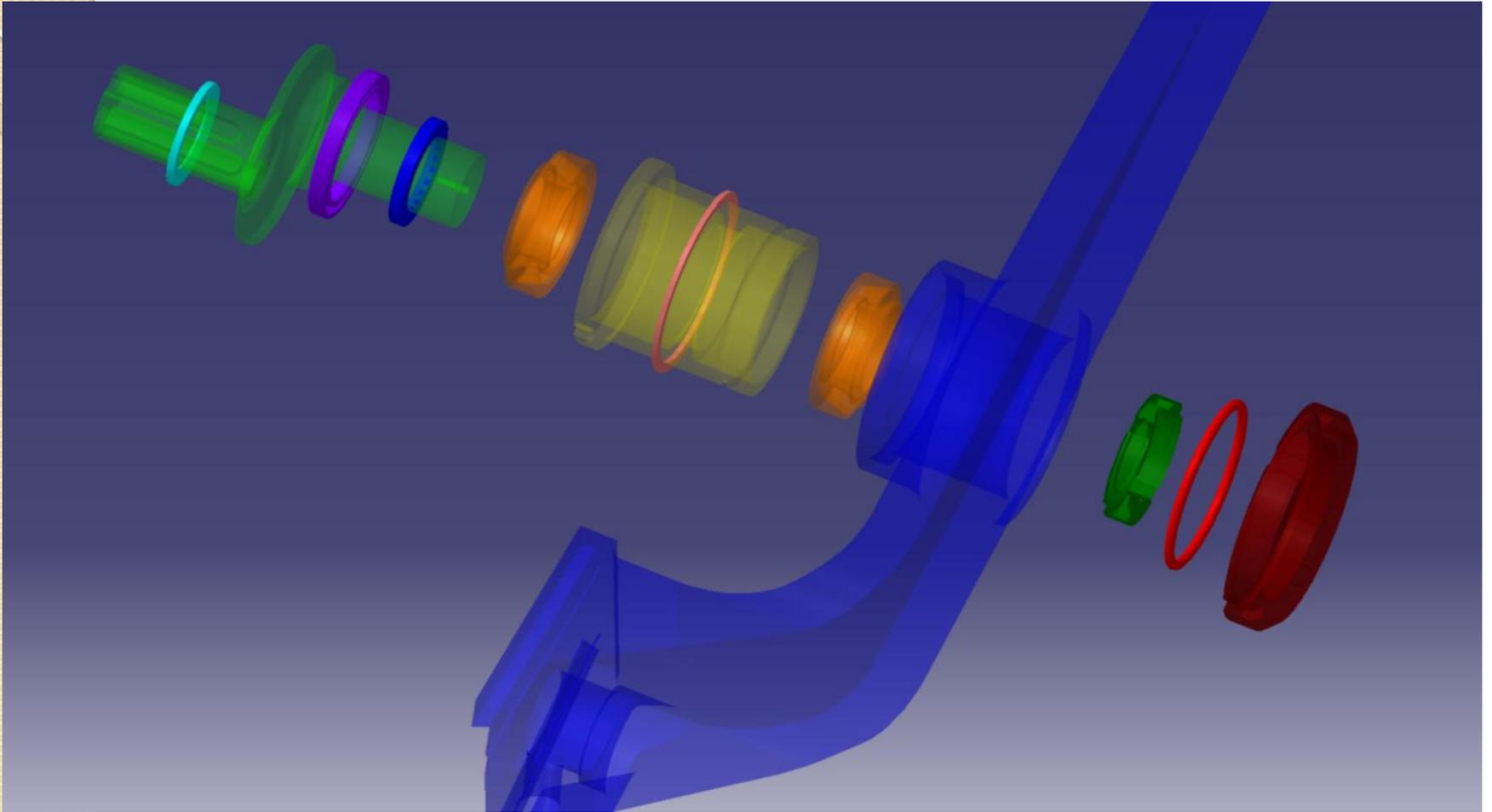
Même conception que précédemment.

Le nouveau bâti



Comparaison des nouveaux portants: à droite, le portant surélevé et reculé nécessaire à l'encombrement du nouveau bras.

Conclusion



Montage final de la boîte à veaux (hors nouveau bâti)

