

SONDE D'ECHOGRAPHIE

Etude de Pré-Industrialisation du SUPPORT DE TRANSDUCTEUR

Recherche de procédés à l'aide de CES Edupack 2006

1^{er} scénario : prévision d'une quantité limitée de produits

Dans un premier temps recherche de procédés compatibles avec les données du cahier des charges

The screenshot displays the CES Edupack 2006 software interface, which is used for selecting manufacturing processes based on specific requirements. The interface is divided into several sections:

- Attributs physiques** (Physical attributes): This section is currently empty.
- Attributs économiques** (Economic attributes): This section contains four groups of attributes, each with a 'Minimum' and 'Maximum' input field and a set of radio buttons for selection.
 - Taille de la série (unités)** (Batch size): The 'Maximum' field is set to 5000.
 - Coût relatif de l'outillage** (Relative tooling cost): Radio buttons for Faible, Moyen, Haut, and Très haut.
 - Coût relatif de l'équipement** (Relative equipment cost): Radio buttons for Faible, Moyen, Haut, and Très haut.
 - Importance de la main d'oeuvre** (Importance of labor): Radio buttons for Faible, Moyen, Haut, and Très haut.
- Modélisation du coût** (Cost modeling): This section is currently empty.
- Caractéristiques du procédé** (Process characteristics): This section contains two attributes with checkboxes.
 - Discontinu** (Discontinuous): Checked.
 - Continu** (Continuous): Not checked.
 - Prototypage** (Prototyping): Not checked.
- Forme** (Shape): This section contains five attributes with checkboxes.
 - Tore à section prismatique** (Prismatic section torus): Not checked.
 - Prismatique non circulaire** (Non-circular prismatic): Not checked.
 - Feuille plane** (Flat sheet): Not checked.
 - Tôle bombée** (Curved sheet): Not checked.
 - Solid 3-D**: Checked.
 - Creuse 3-D**: Not checked.

A red arrow points from the 'Caractéristiques du procédé' section to the 'Results' panel on the right. The 'Results' panel shows a list of 60 manufacturing processes, with the first 29 processes displayed. The list includes various processes such as 'Usinage par électro-érosion', 'Usinage et découpe au jet abrasif', 'Tournage/alésage/séparation', 'Prototypage par dépôts', 'Prototypage basé sur le laser', 'Moulage par transfert de résine (...)', 'Moulage par injection-réaction (RIM)', 'Moulage par expansion de mousses', 'Moulage par compression', 'Moulage de compound pré-imprég...', 'Mise en oeuvre de poudres', 'Meulage', 'Impression 3-D', 'Frittage sélectif par laser, métaux...', 'Frittage par laser, polymères', 'Fraisage', 'Forgeage', 'Forage', 'Fonderie à la cire perdue', 'Fonderie en sable sous basse pre...', 'Fonderie en sable avec modèle va...', 'Fonderie en sable', 'Fonderie en moule vaporisable av...', 'Fonderie en moule par gravité', 'Fabrication d'objet laminé', 'Coulée en moule sous basse pres...', 'Coulée des polymères', 'Compression isostatique à chaud', and 'Aplanissage/façonnage/fabricatio...'.

Nombre élevé de procédés compatibles avec ces éléments.

Affinage de la recherche en intégrant des critères logiques (gamme de poids) liés aux solutions technologiques retenues (doigt glissant dans une rainure).

Attributs physiques

	Minimum	Maximum	
Gamme de poids		0.2	kg
Gamme d'épaisseurs de section			mm
Tolérance			mm
Rugosité			µm
Etat de surface	<input checked="" type="checkbox"/> Très lisse <input checked="" type="checkbox"/> Lisse <input type="checkbox"/> Rugueux		
Vitesse de coupe			m/s
Profondeur de passe minimum			mm

Results

All Stages 13 of 60 pass

Name
Aplanissage/façonnage/fabricatio...
Compression isostatique à chaud
Coulée des polymères
Fonderie à la cire perdue
Forgeage
Fraisage
Impression 3-D
Meulage
Mise en oeuvre de poudres
Moulage de compound pré-imprég...
Tournage/alésage/séparation
Usinage et découpe au jet abrasif
Usinage par électro-érosion

Le nombre de procédés compatibles se réduit.

Affinage complémentaire en fixant un encadrement de la série et en limitant le coût de l'outillage.

Attributs économiques

	Minimum	Maximum
Taille de la série (unités)	2000	5000
Coût relatif de l'outillage	<input checked="" type="checkbox"/> Faible <input checked="" type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Haut <input type="checkbox"/> Très haut	

Results

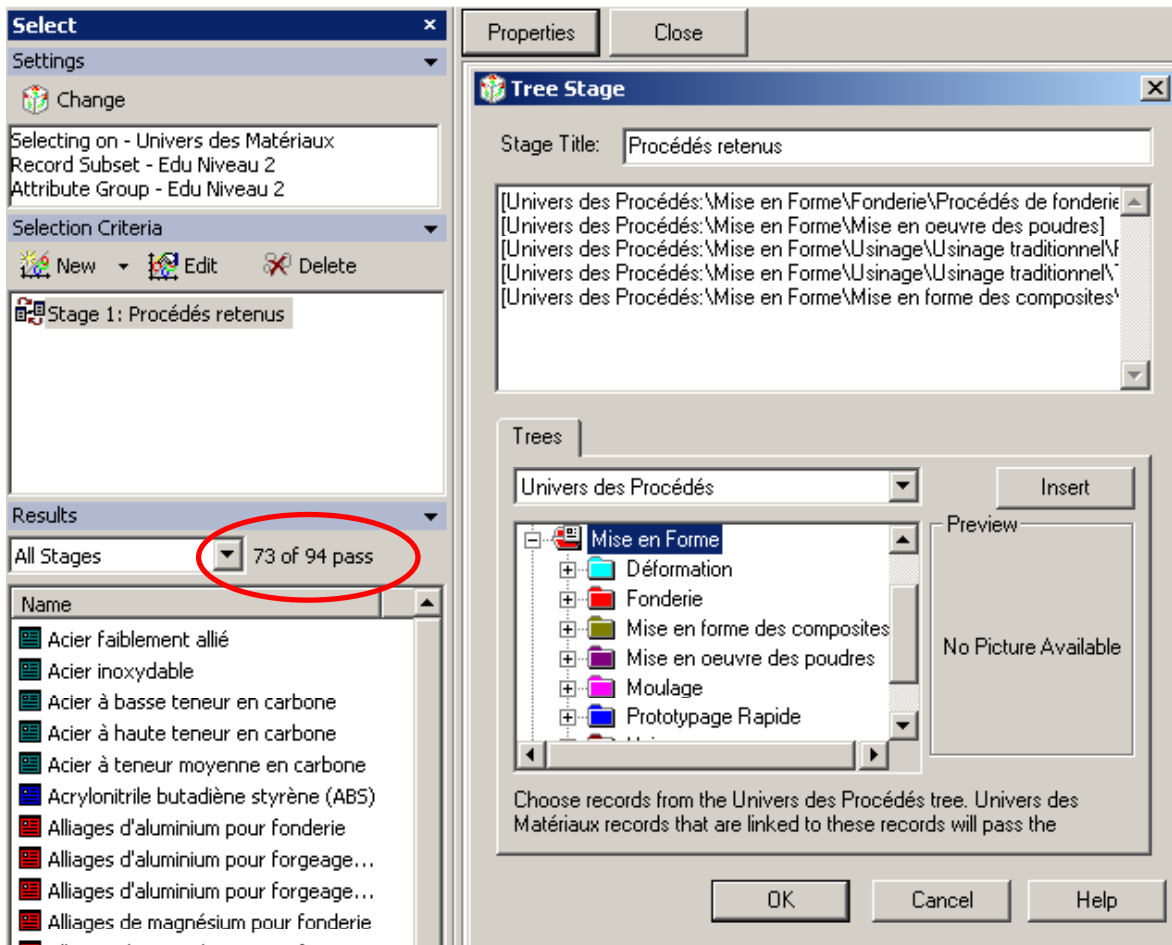
All Stages 9 of 60 pass

Name
Compression isostatique à chaud
Fonderie à la cire perdue
Fraisage
Meulage
Mise en oeuvre de poudres
Moulage de compound pré-imprég...
Tournage/alésage/séparation
Usinage et découpe au jet abrasif
Usinage par électro-érosion

Parmi les 9 procédés compatibles nous ne retiendrons que les procédés suivants, les autres ayant été éliminé selon des critères logiques.

- *Fonderie à la cire perdue*
- *Fraisage*
- *Mise en oeuvre de poudres*
- *Moulage de compound pré-imprégnés en masse (ou en pâte) en anglais BMC (ou DMC)*
- *Tournage/alésage/séparation*

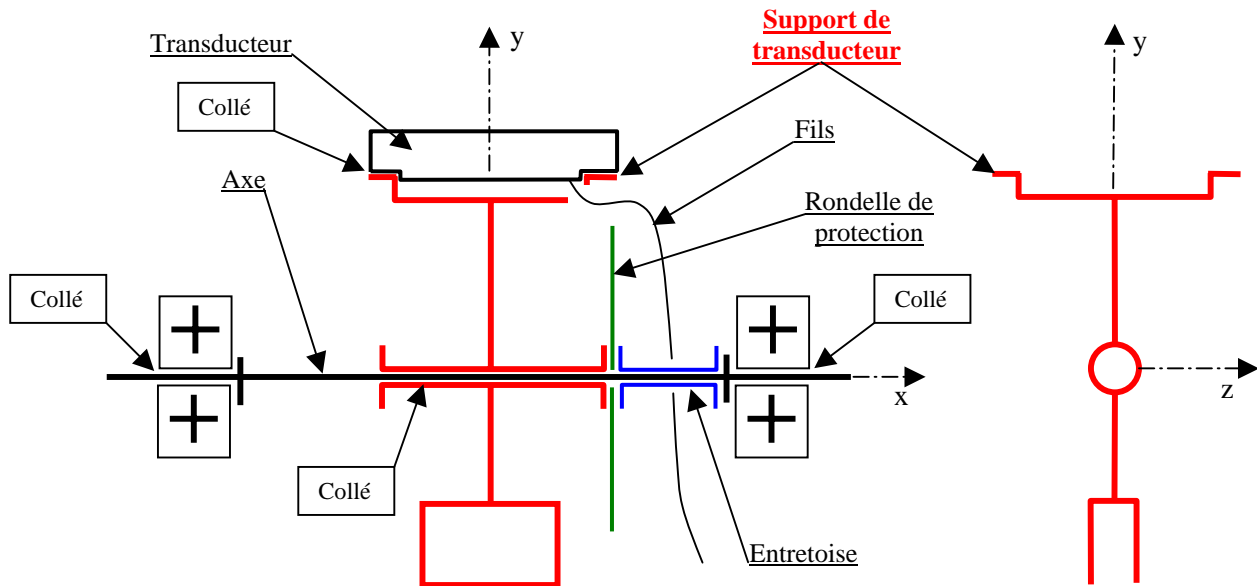
Recherche des matériaux compatibles avec les procédés retenus.



Link Record	Number Passed	
Univers des Procédés: \ Mise en Forme \ Fonderie \ Procédés de fonderie à cire-perdue	22	Show
Univers des Procédés: \ Mise en Forme \ Mise en oeuvre des poudres	29	Show
Univers des Procédés: \ Mise en Forme \ Usinage \ Usinage traditionnel \ Fraisage	62	Show
Univers des Procédés: \ Mise en Forme \ Usinage \ Usinage traditionnel \ Tournage/alésage/séparation	53	Show
Univers des Procédés: \ Mise en Forme \ Mise en forme des composites \ Procédés classiques de mise en forme des composites \ Moulage de compound pré-imprégnés en mas	1	Show

Intégration des contraintes liées au cahier des charges, aux solutions technologiques retenues :

- Pièce évoluant dans une solution de liquide aqueux
- Pièce devant pouvoir être collée



Et aux valeurs des conditions fonctionnelles de niveau 3 :

- Cf32.1 : Ra maxi 0,8
- Cf32.2 : HV mini 25

Fonctions techniques	Conditions fonctionnelles	Valeurs
Ft30 : autoriser le mouvement de l'ensemble transducteur	Cf 30.1 : condition de non contact entre le support de transducteur et la came	0,5 mini
	Cf 30.2 : condition de non contact entre le doigt d'entraînement et le fond de la rainure	1 mini
	Cf 30.3 : condition de non contact entre le transducteur et le dôme	1 mini
	Cf 30.4 : condition de non contact entre le transducteur et le dôme	1 mini
	Cf 30.5 : condition de non contact entre la rondelle de protection et la came	1 mini
Ft31 : résister aux efforts de contact avec le doigt	Cf 31.1 : longueur mini de la ligne de contact	1 mini
Ft32 : résister à l'usure par frottement avec le doigt	Cf 32.1 : état de surface Cf 32.2 : dureté superficielle Cf 32.3 : facteur de frottement entre les matériaux en contact	<div> Ra maxi : 0,8 HV mini : 25 $\mu < 0,1$ </div>

Résultats d'essais

Select

Settings

Change

Selecting on - Univers des Matériaux
Record Subset - Edu Niveau 2
Attribute Group - Edu Niveau 2

Selection Criteria

New Edit Delete

Stage 1: Procédés retenus
Stage 2: Matériau devant être collé

Results

All Stages 65 of 94 pass

Name

- Acier faiblement allié
- Acier inoxydable
- Acier à basse teneur en carbone
- Acier à haute teneur en carbone
- Acier à teneur moyenne en carbone
- Acrylonitrile butadiène styrène (ABS)
- Alliages d'aluminium pour fonderie
- Alliages d'aluminium pour forgeage...
- Alliages d'aluminium pour forgeage...

Tree Stage

Stage Title: Matériau devant être collé

[Univers des Procédés: Assemblage\Adhésifs\Adhésifs rigides]

Trees

Univers des Procédés

Insert

Preview

No Picture Available

Choose records from the Univers des Procédés tree. Univers des Matériaux records that are linked to these records will pass the

OK Cancel Help

Attribute Group - Edu Niveau 2

Selection Criteria

New Edit Delete

Stage 1: Procédés retenus
Stage 2: Matériau devant être collé
Stage 3: Dureté, résistance à l'eau

Results

All Stages 29 of 94 pass

Name

- Acier inoxydable
- Alliages d'aluminium pour fonderie
- Alliages d'aluminium pour forgeage...
- Alliages d'aluminium pour forgeage...
- Alliages de magnésium pour fonderie
- Alliages de magnésium pour forge...
- Alliages de titane
- Alliages de zinc pour injection
- Alliages nickel-chrome
- Alumine
- Bronze
- Carbure de bore
- Carbure de silicium
- Carbure de tungstène
- Cuivre
- Laiton
- Matrice d'aluminium renforcée par ...
- Nickel
- Nitrure d'aluminium
- Nitrure de silicium
- Polyamides (Nylons, PA)
- Polyétheréthércétone (PEEK)
- Silicium
- Super-alliages basés sur du nickel
- Titane commercialement pur
- Verre de borosilicate
- Verre de silice
- Vitro-céramiques
- Zinc commercialement pur

Propriétés Mécaniques

	Minimum	Maximum	
Module de Young			GPa
Module de cisailment			GPa
Module de compressibilité			GPa
Coefficient de Poisson			
Mesure de dureté Vickers	25		HV
Limite élastique			MPa
Résistance en traction			MPa
Résistance à la compression			MPa
Allongement			%
Limite de fatigue			MPa
Durabilité			MPa.m ^{1/2}

Propriétés Thermiques

Propriétés Electriques

Propriétés Optiques

Propriétés Environnementales, production du matériau

Propriétés Environnementales, traitement

Propriétés Environnementales, recyclage et élimination

Possibilités de traitement (échelle de 1 = impraticable à 5 = excellent)

Durabilité

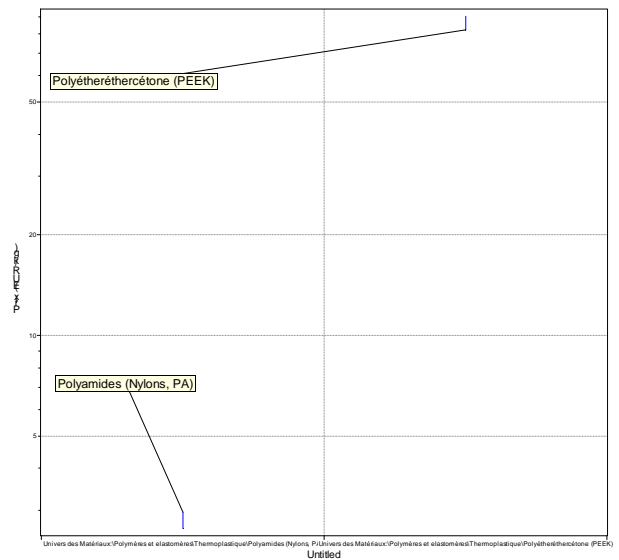
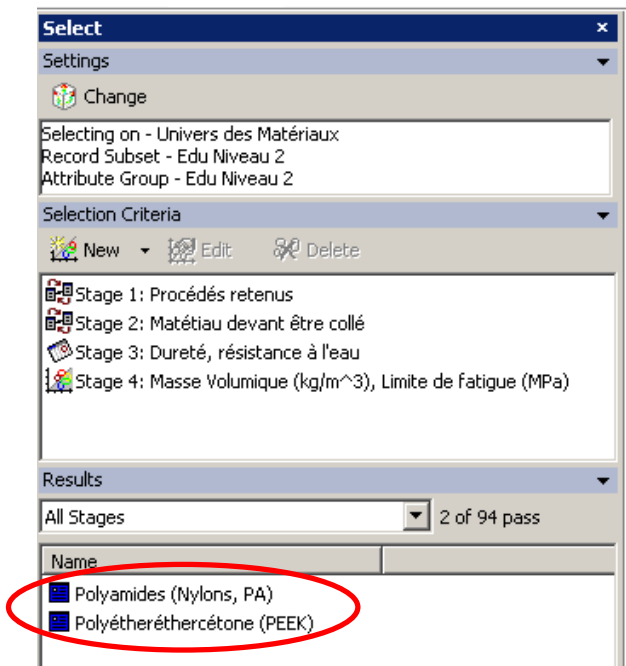
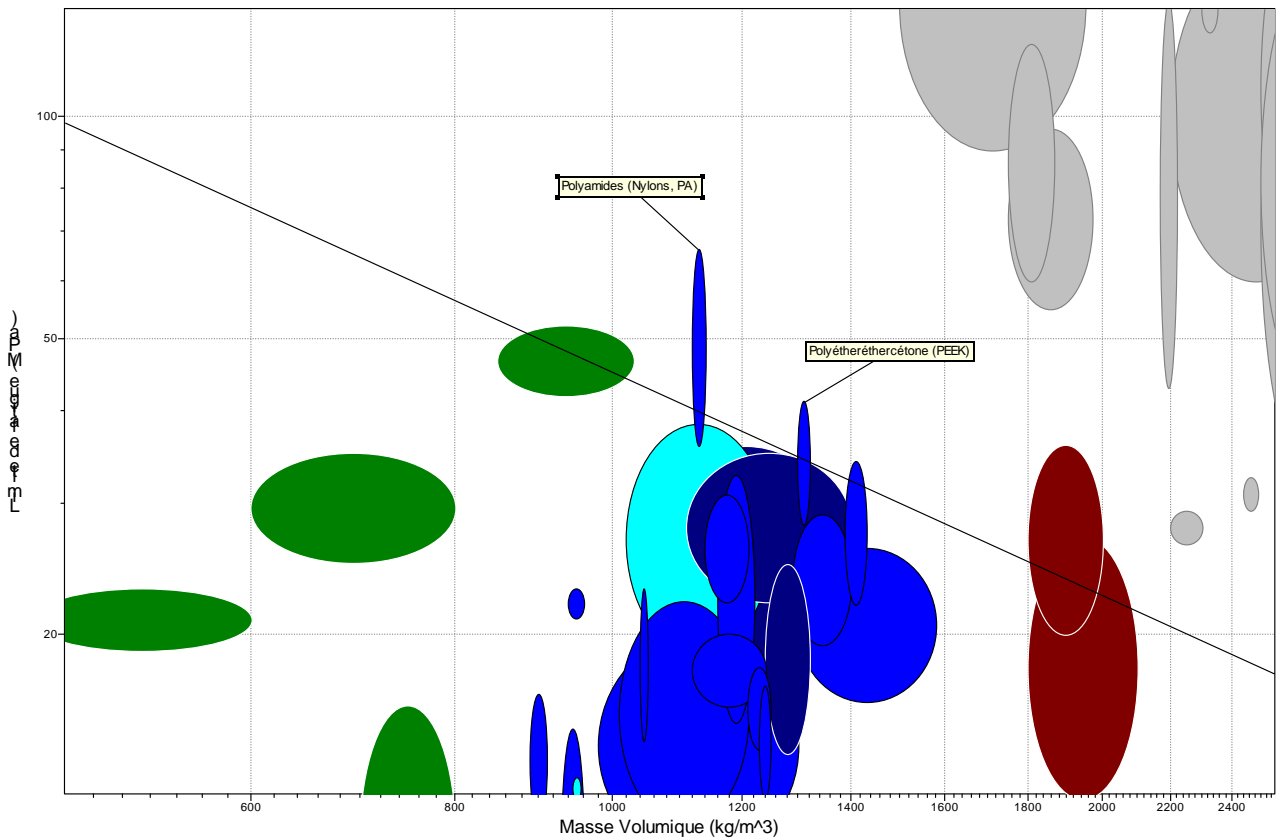
Inflammabilité

☐ Inflammable
☐ Auto-extinguible
☐ Non-inflammable

Résistance à l'eau douce

☐ Très mauvais
☐ Mauvais
☐ Moyen
☐ Bon
☒ Très bon

Recherche d'un matériau léger pour limiter les inerties avec une résistance à la fatigue la plus élevée possible :



Les matériaux apparaissant en premier comme correspondant le mieux aux critères retenus sont le **POLYAMIDE** et le **POLYETHERETHERCETONE**.

Le choix se porterait donc logiquement sur le polyamide compte tenu du prix matière. Toutefois le fabricant de la sonde a choisi le polyétheréthercétone malgré le coût élevé de cette matière.

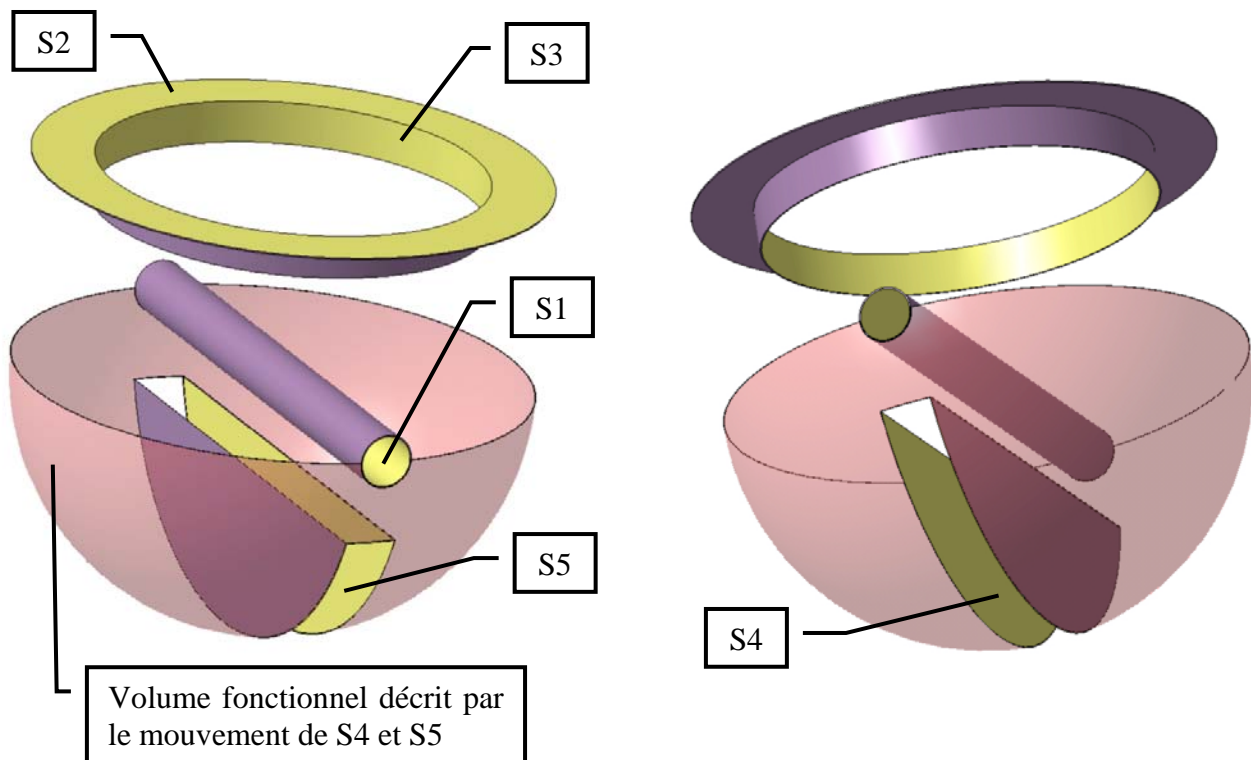
Ce choix s'explique par les raisons suivantes :

- Le PA est très sensible à l'humidité, la pièce évoluant dans un milieu aqueux, une trop grande absorption d'eau risquerait d'altérer ses propriétés mécanique et sa stabilité dimensionnelle.
- Le PEEK, quant à lui, possède une bonne stabilité dimensionnelle ainsi qu'un excellent comportement tribologique et en fatigue.

Le matériau retenu est donc un **PEEK** et le procédé d'obtention retenu sera l'**USINAGE** dans la masse (tournage/fraisage).

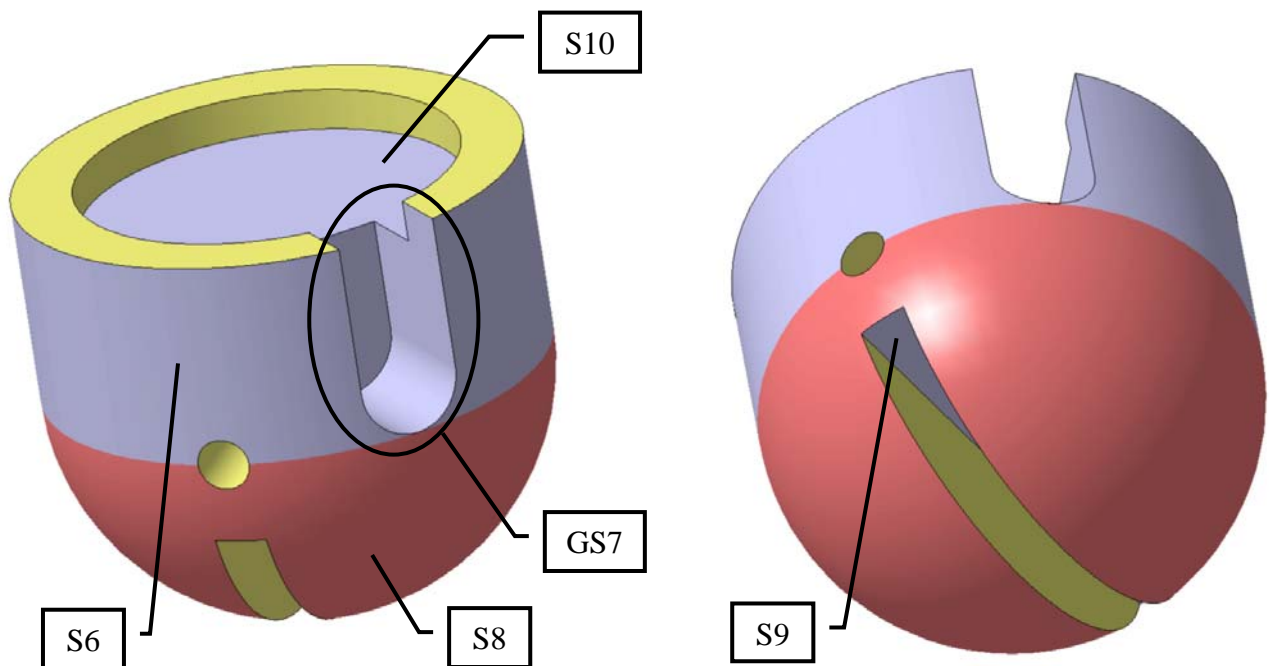
Définition géométrique de la pièce

Surfaces fonctionnelles de niveau 1



A partir des surfaces fonctionnelles de niveau 1 on définit géométriquement la pièce en cohérence avec le couple matériau/procédé retenu.

Cette définition fait apparaître les surfaces fonctionnelles de niveau 2 et 3.

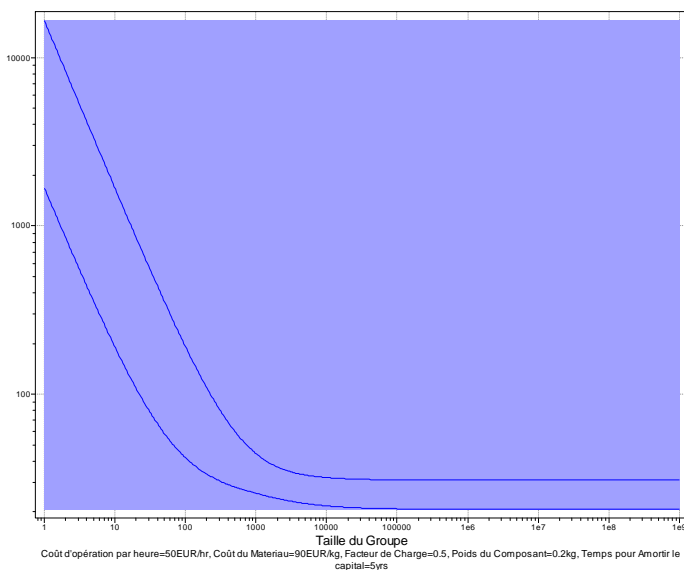


2^{ème} scénario : la quantité minimale envisagée est de 10000 unités

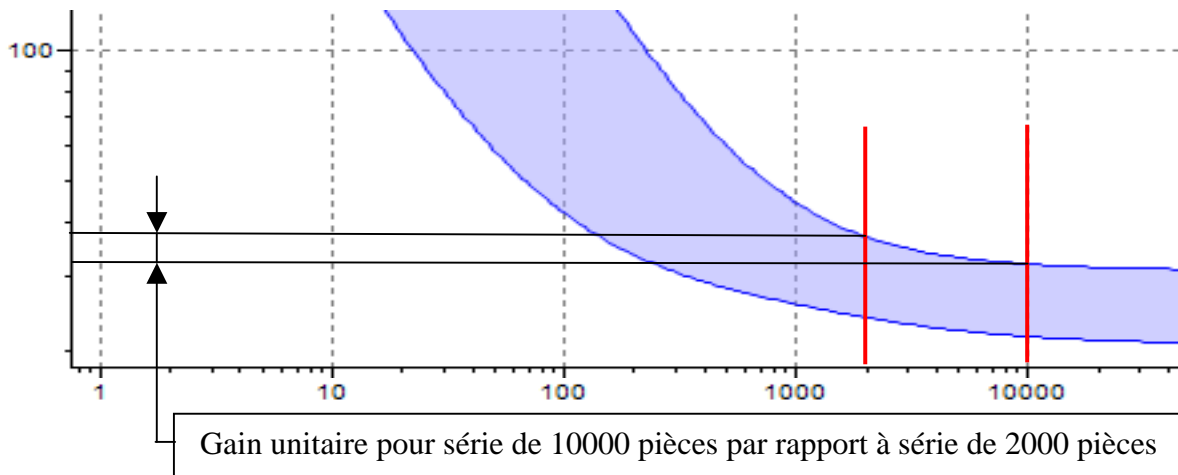
Le choix du matériau PEEK n'est pas remis en cause.

Nouvelle recherche sur CES en imposant le matériau et la nouvelle quantité minimale envisagée avec une importance de main d'œuvre de faible à moyenne.

The screenshot shows the CES software interface. On the left, the 'Select' dialog box is open, displaying 'Settings' and 'Results' tabs. The 'Results' tab shows 'All Stages' and '2 of 60 pass'. A red circle highlights the 'Mouillage par injection' option in the 'Results' list. On the right, the 'Properties' panel is visible, showing various material and process parameters. The 'Minimum' and 'Maximum' columns are used to set constraints. The 'Etat de surface' (Surface State) section includes checkboxes for 'Très lisse' (checked), 'Lisse', and 'Rugueux'. The 'Attributs économiques' (Economic Attributes) section includes checkboxes for 'Faible', 'Moyen', 'Haut', and 'Très haut' for 'Coût relatif de l'outillage' (checked), 'Coût relatif de l'équipement', and 'Importance de la main d'œuvre' (checked). The 'Modélisation du coût' (Cost Modeling) section includes checkboxes for 'Tore à section prismatique', 'Prismatique non circulaire', 'Feuille plane', 'Tôle bombée', and 'Solid 3-D' (checked).



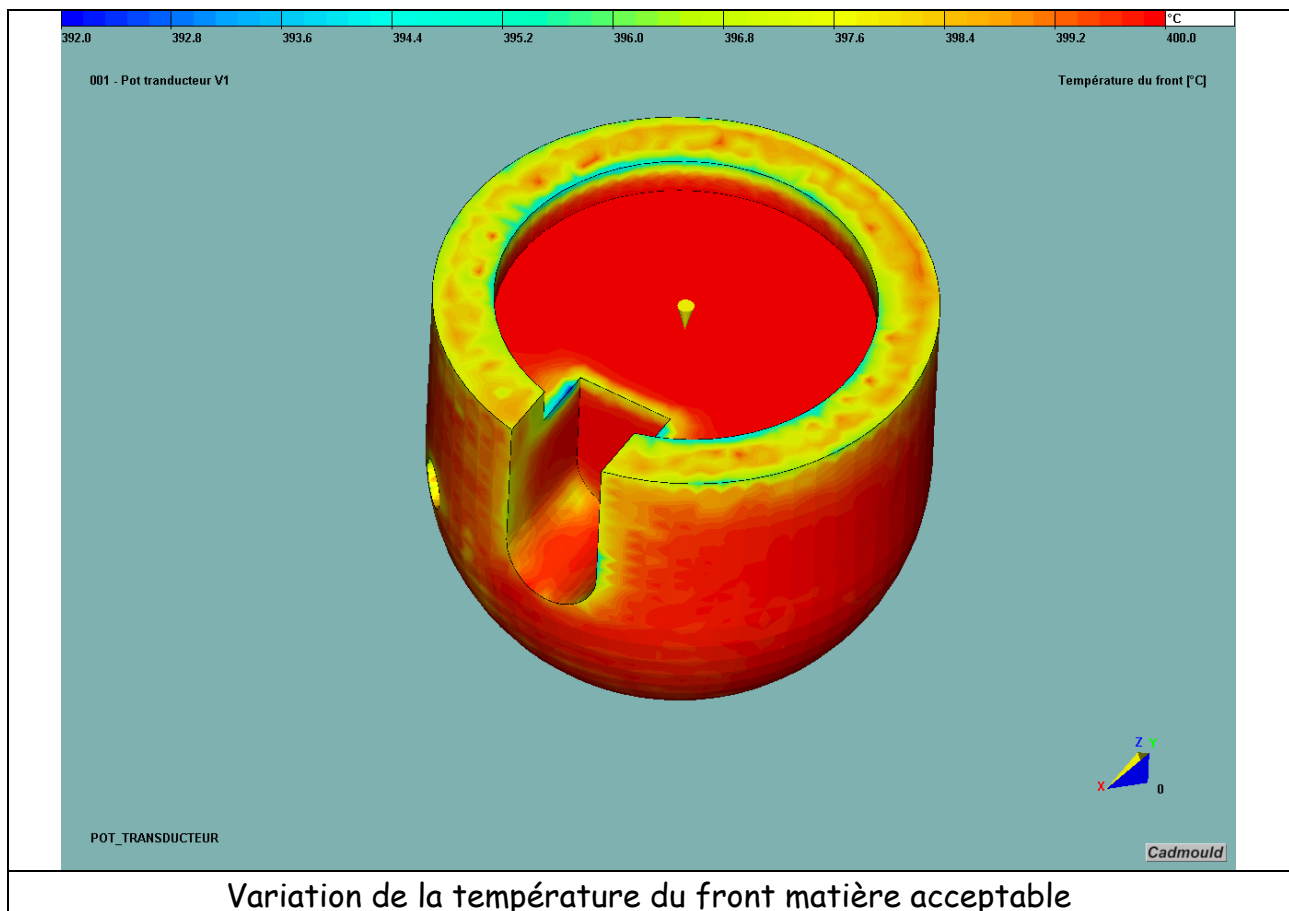
Le moulage par injection peut être envisagé.



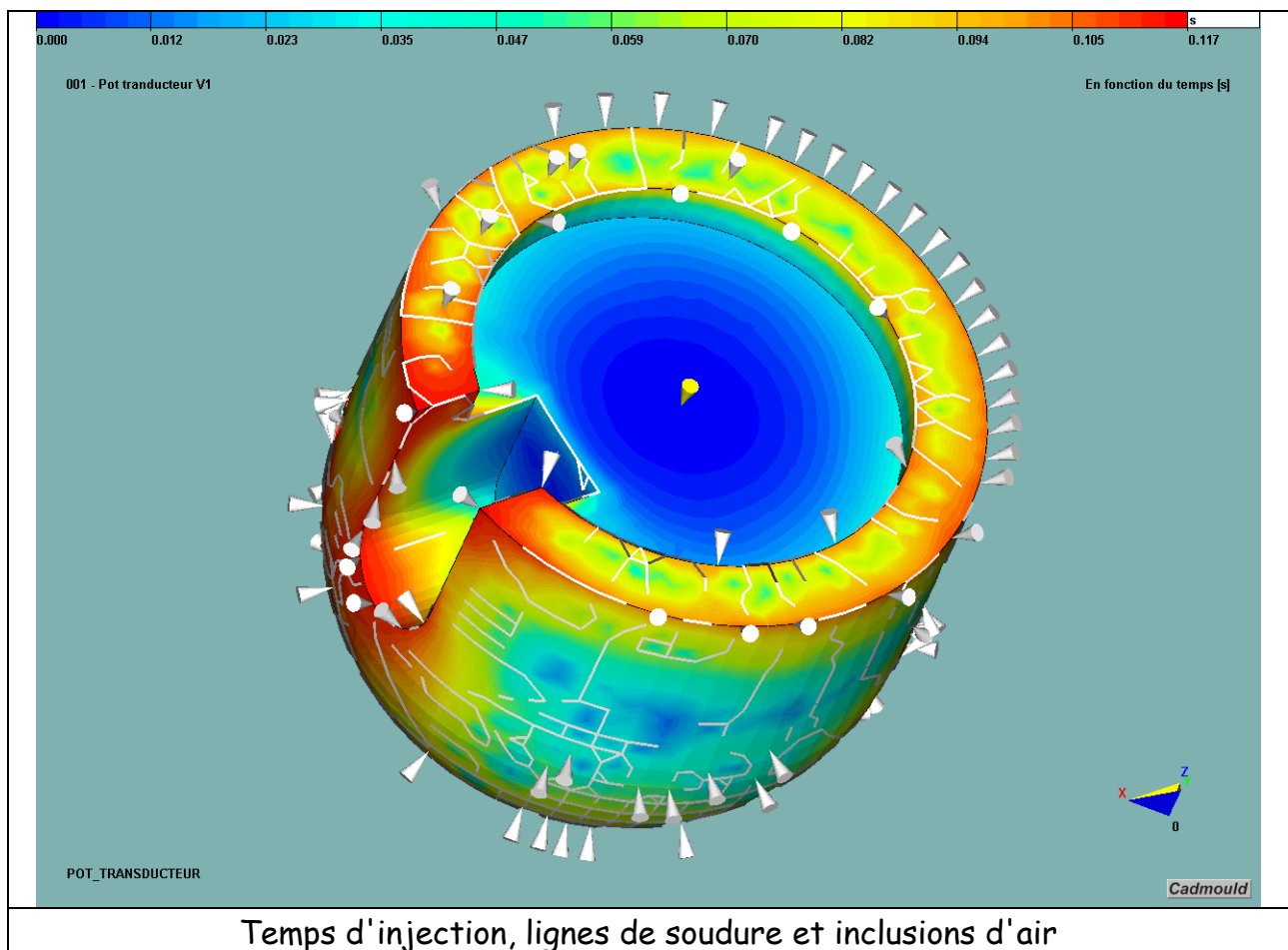
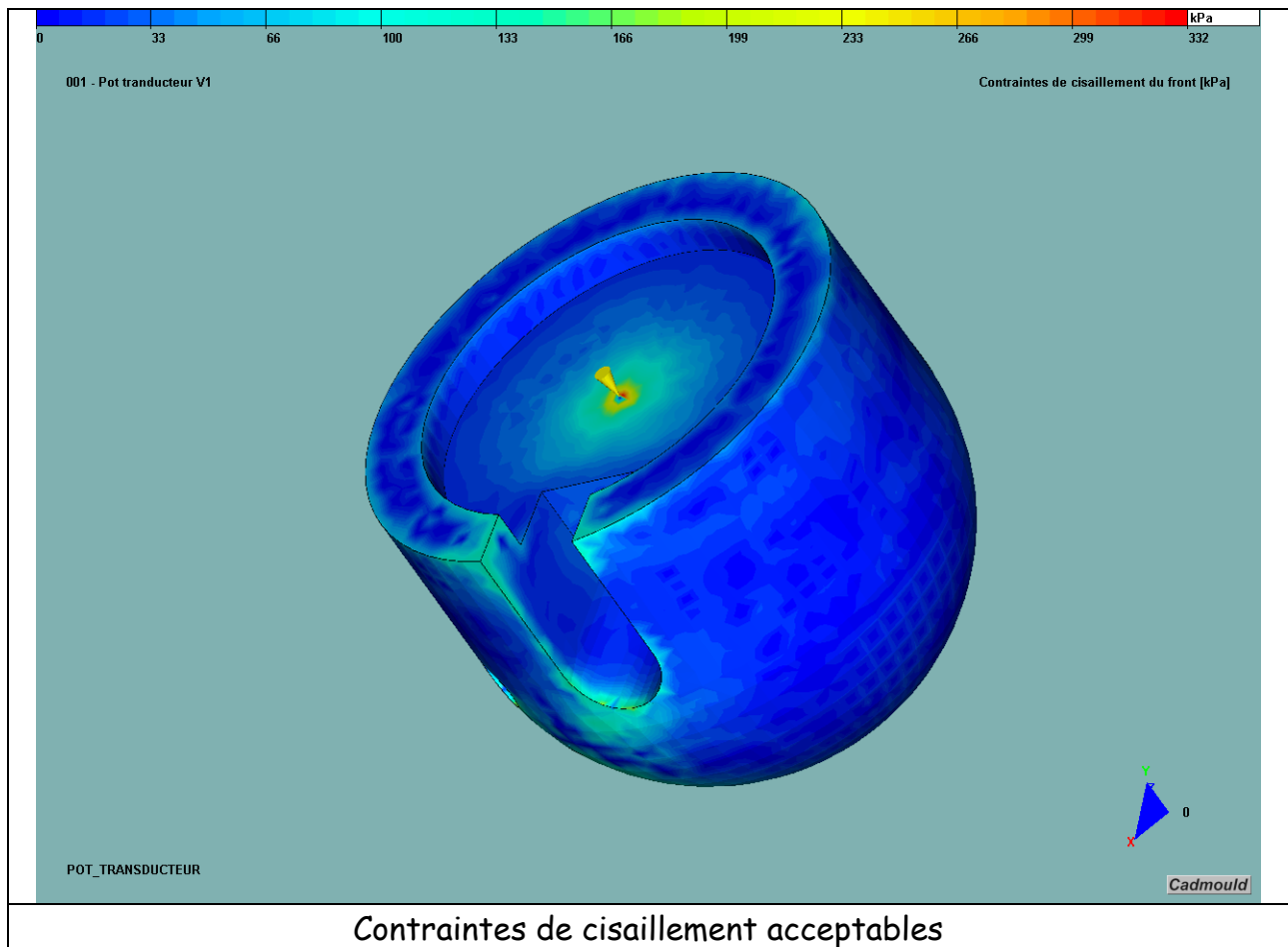
Le gain par pièce direct peut sembler minime mais celui-ci va s'accroître par une conception géométrique de la pièce en matière plastique injectée adaptée.

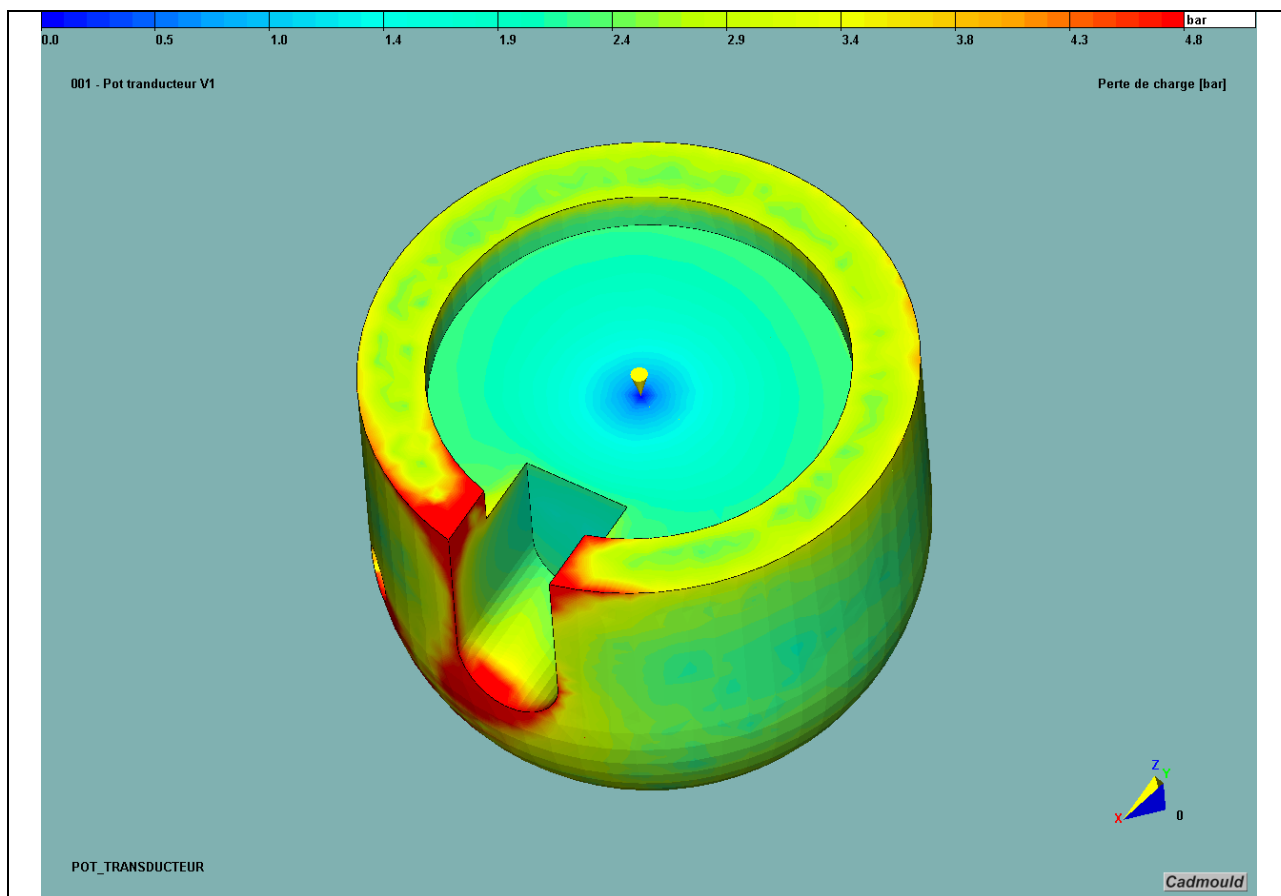
Simulation d'injection de la pièce en conservant la géométrie précédente

Logiciel utilisé : *Cadmould Rapid*

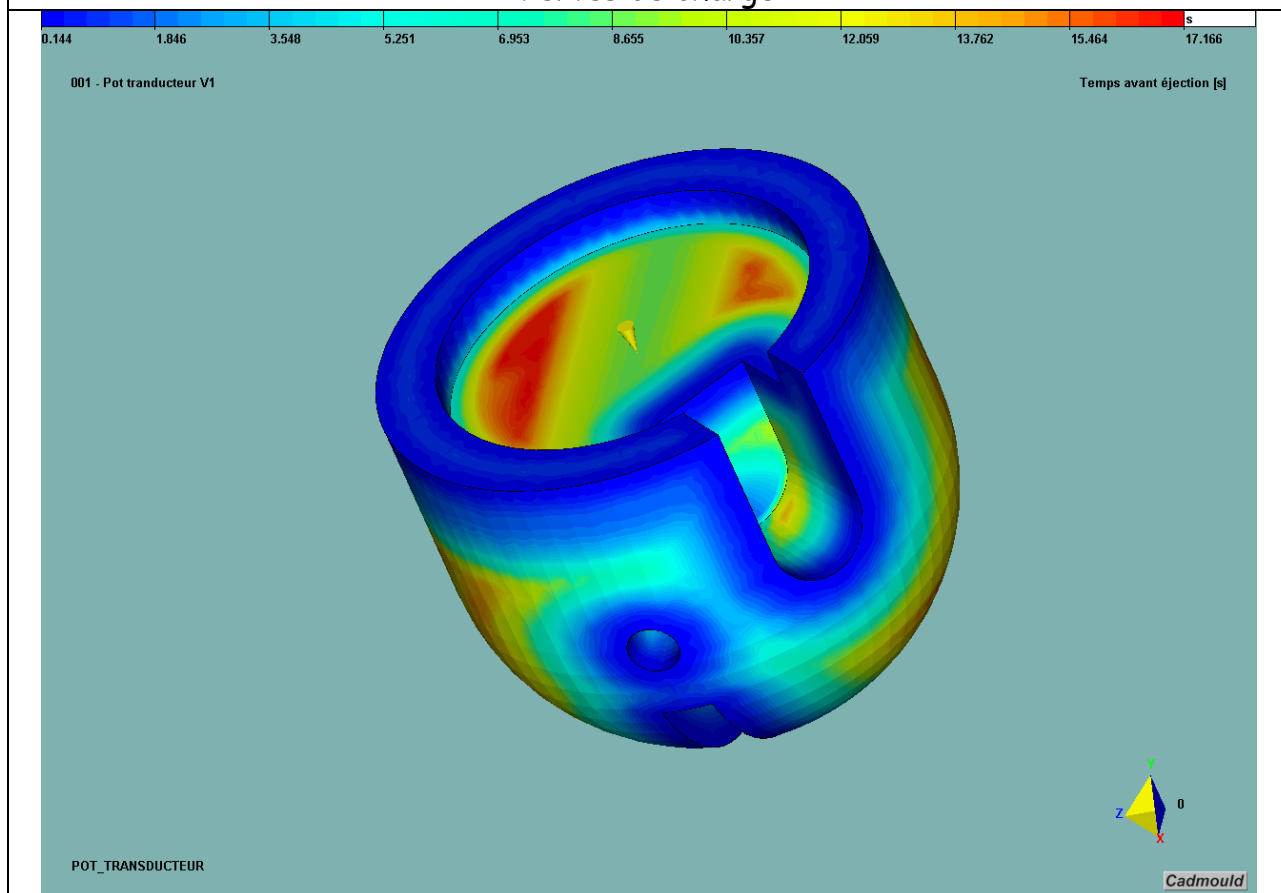


Variation de la température du front matière acceptable

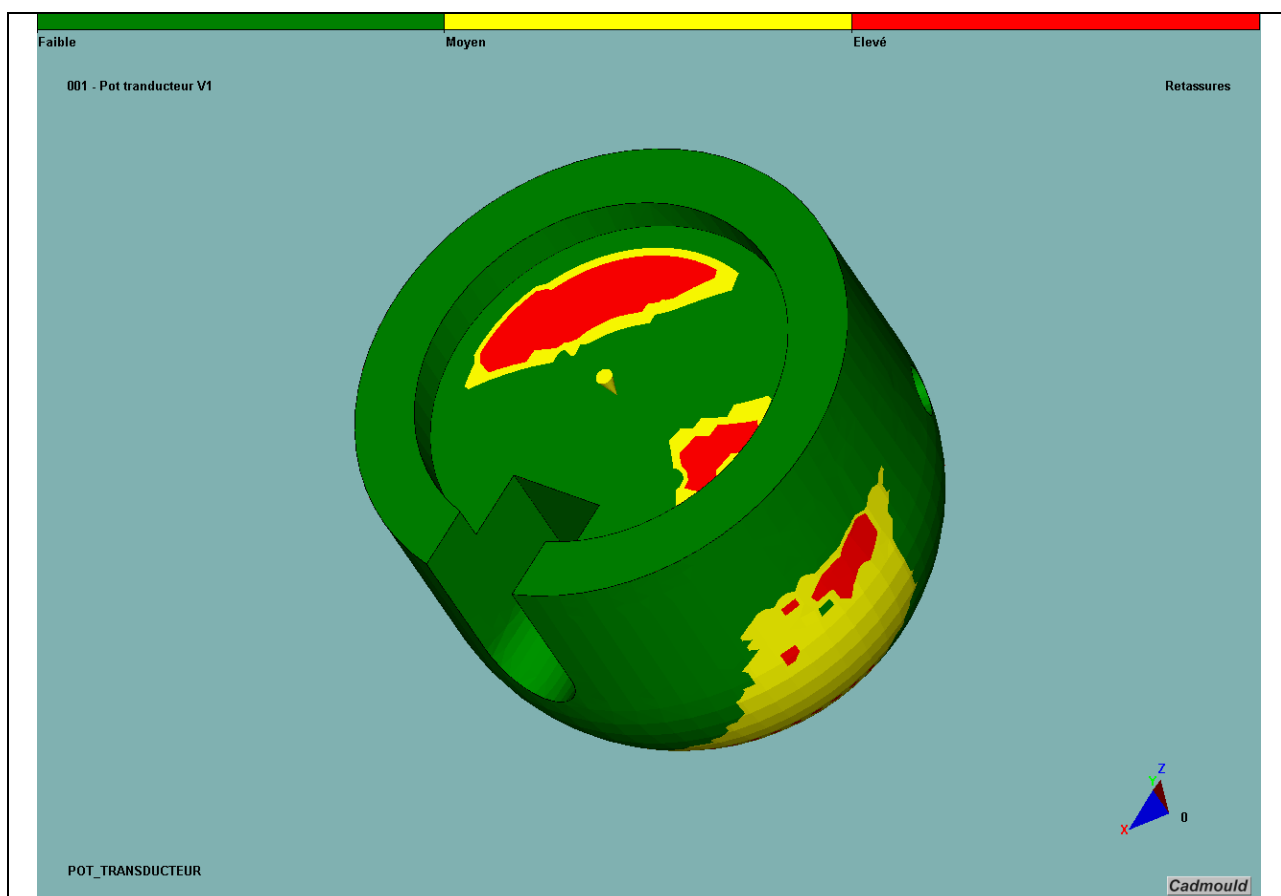
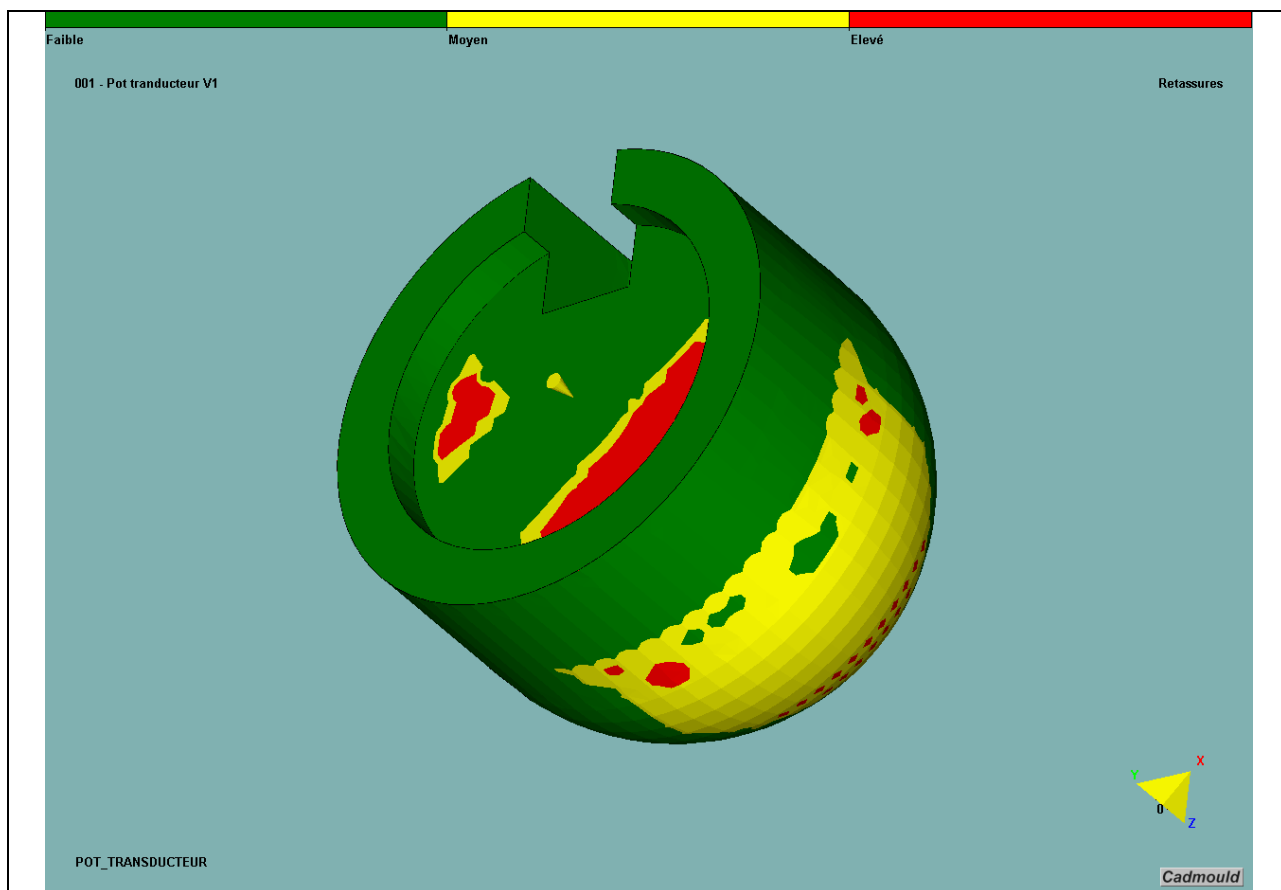




Pertes de charge



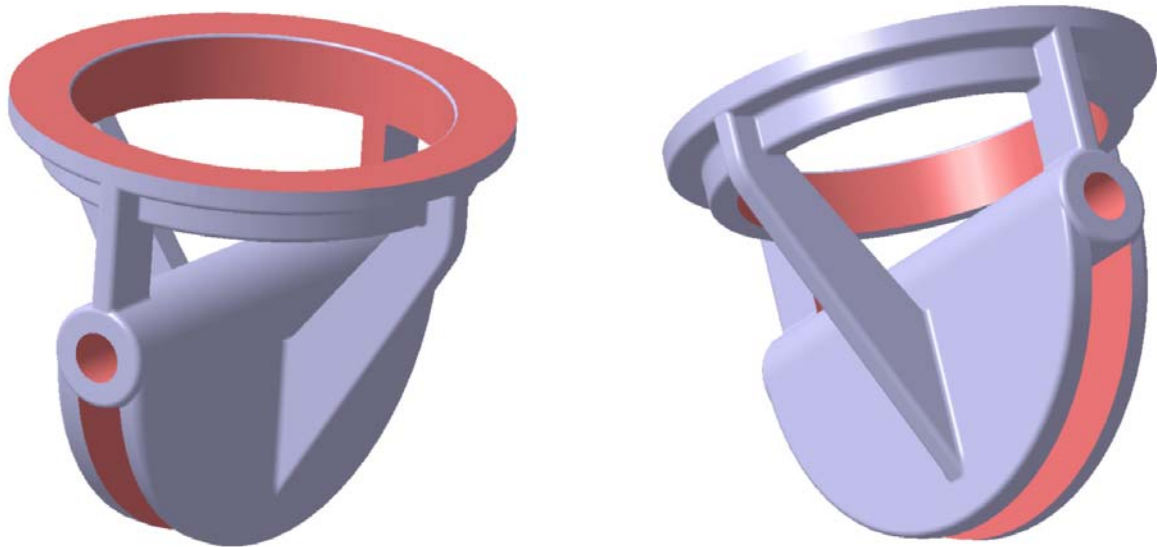
Temps de refroidissement avant éjection très élevé



Risques de retassures

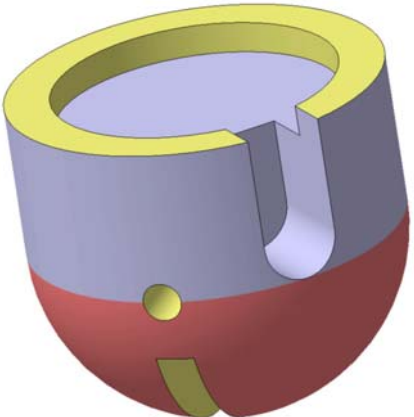
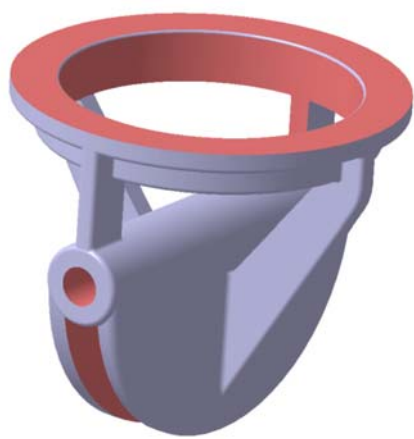
Une nouvelle conception géométrique de la pièce intégrant les contraintes liées au procédé d'injection va permettre d'optimiser l'obtention de la pièce.

Géométrie de la pièce injectée

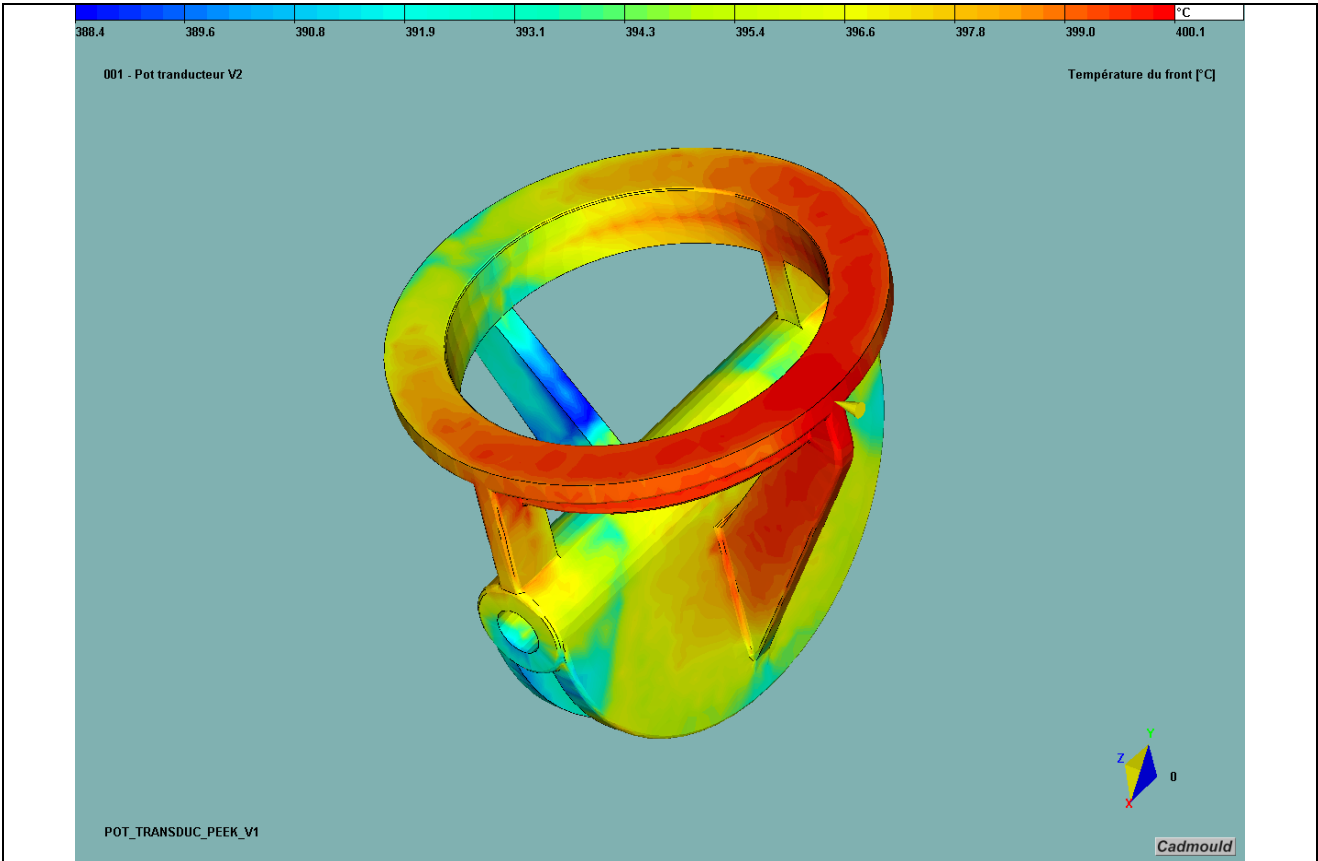


Cette conception va en outre permettre :

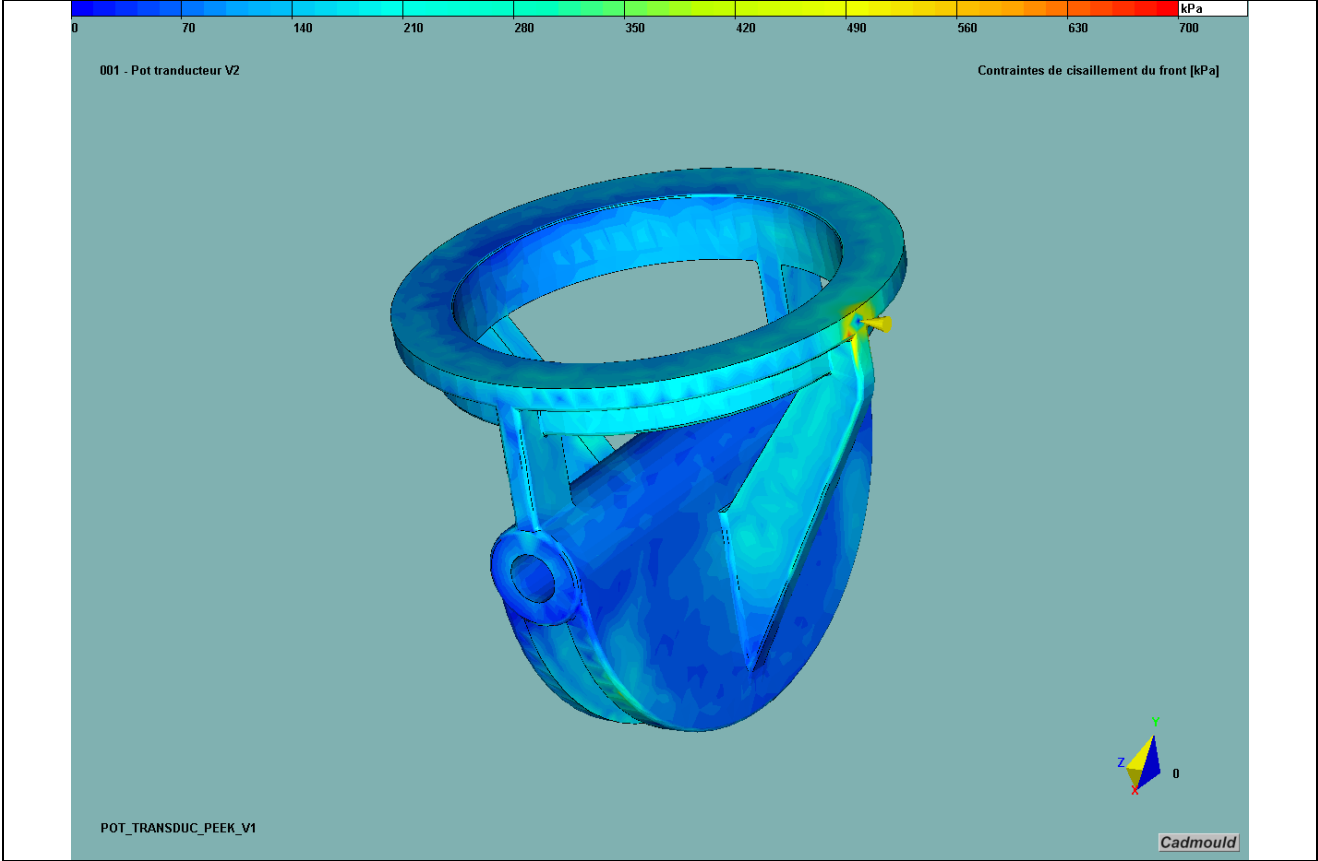
- *Un gain en quantité matière*
- *L'intégration de fonctions*
- *La réduction du nombre de surfaces fonctionnelles, seules les surfaces S1, S2, S3, S4 et S5 subsistent, réduisant par là même le nombre de conditions fonctionnelles*

Conception pièce usinée	Conception pièce injectée
	
Volume : 1515 mm ³ Masse : 1,97 g Coût matière PEEK : environ 90 €/kg Coût unitaire matière : 0,18 €	Volume : 325 mm ³ Masse : 0,423 g Coût unitaire matière : 0,038 €
Soit un gain matière de 0,142 € par pièce	

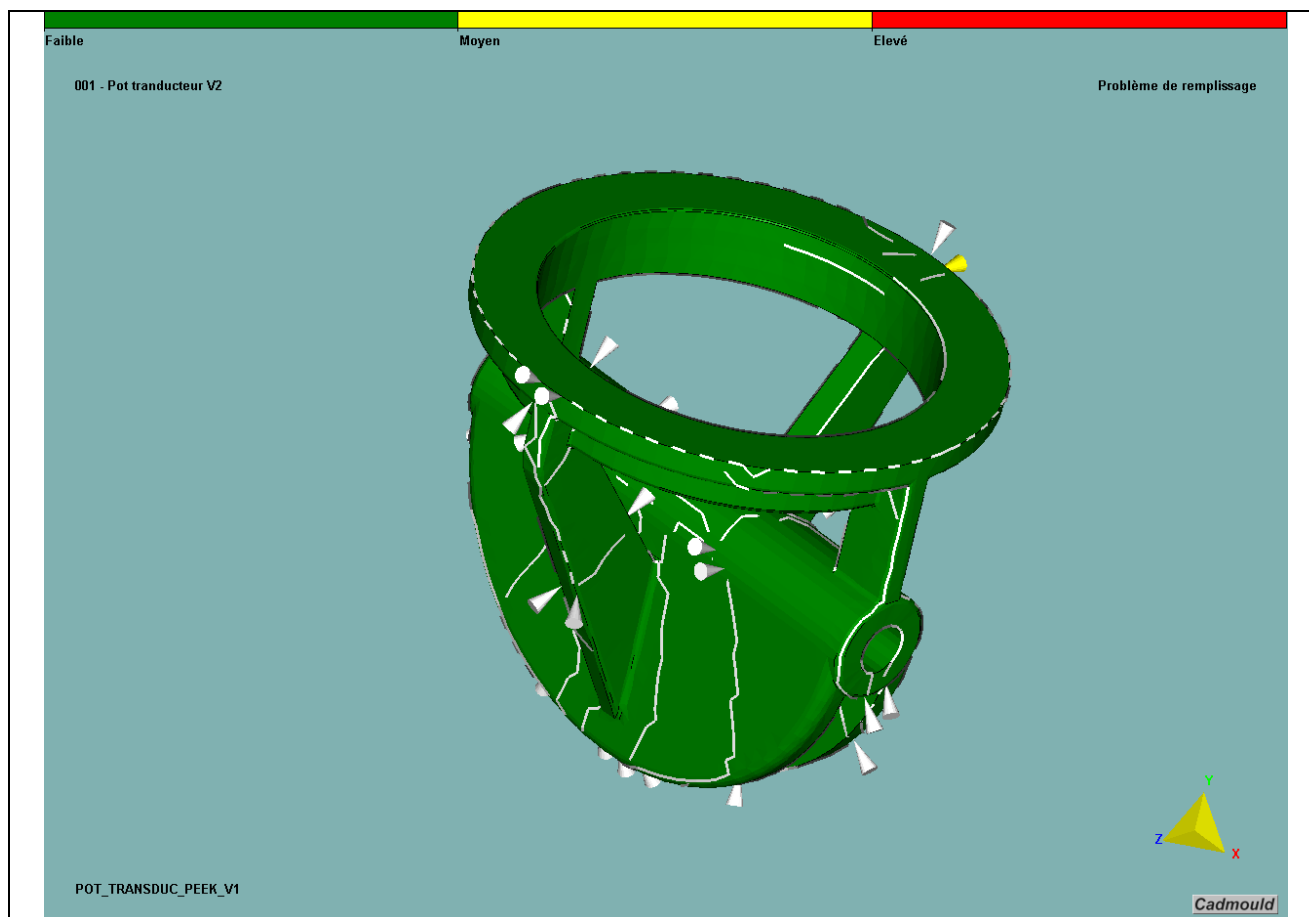
Simulation d'injection de la pièce avec la nouvelle géométrie



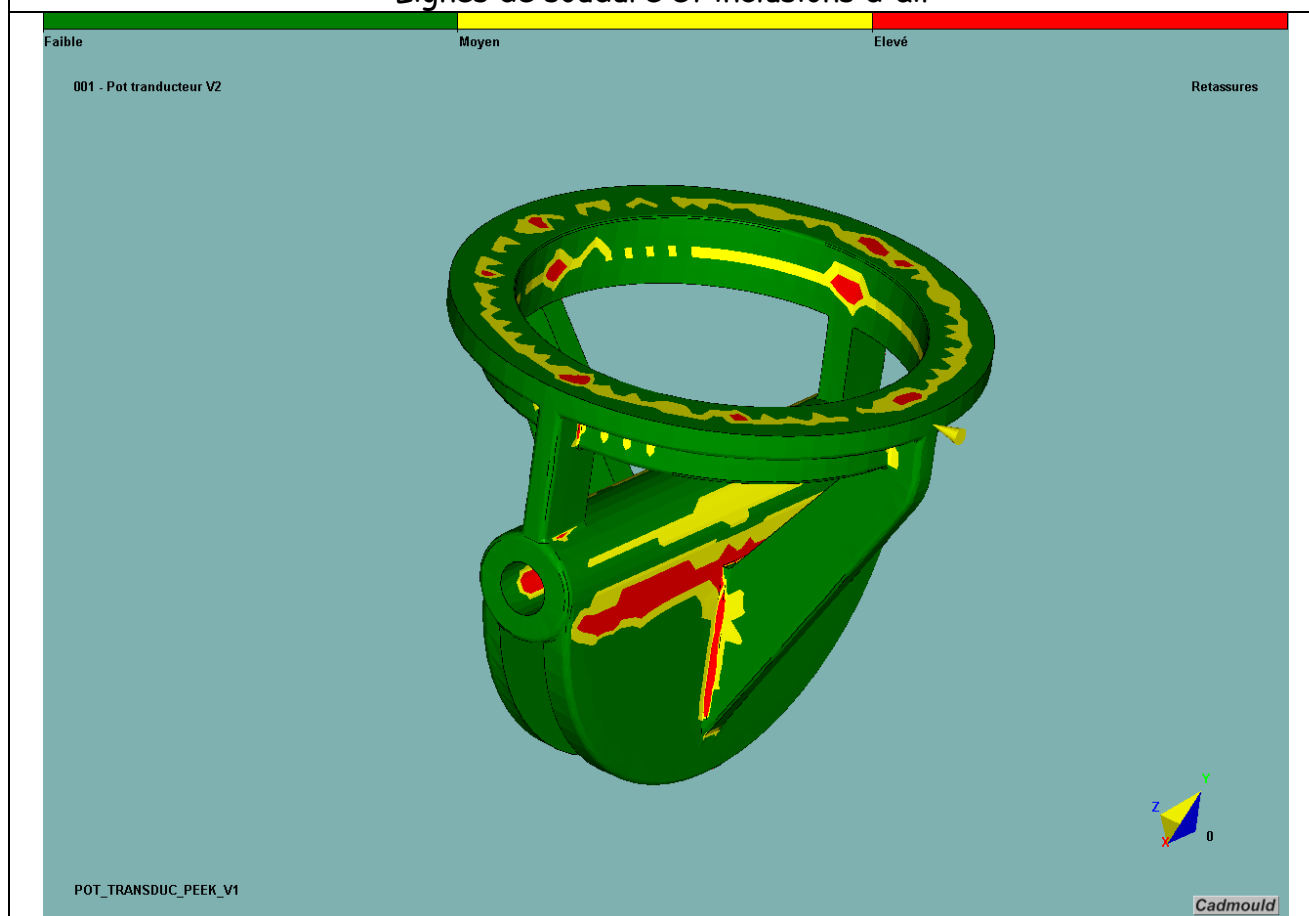
Variation de la température du front matière acceptable



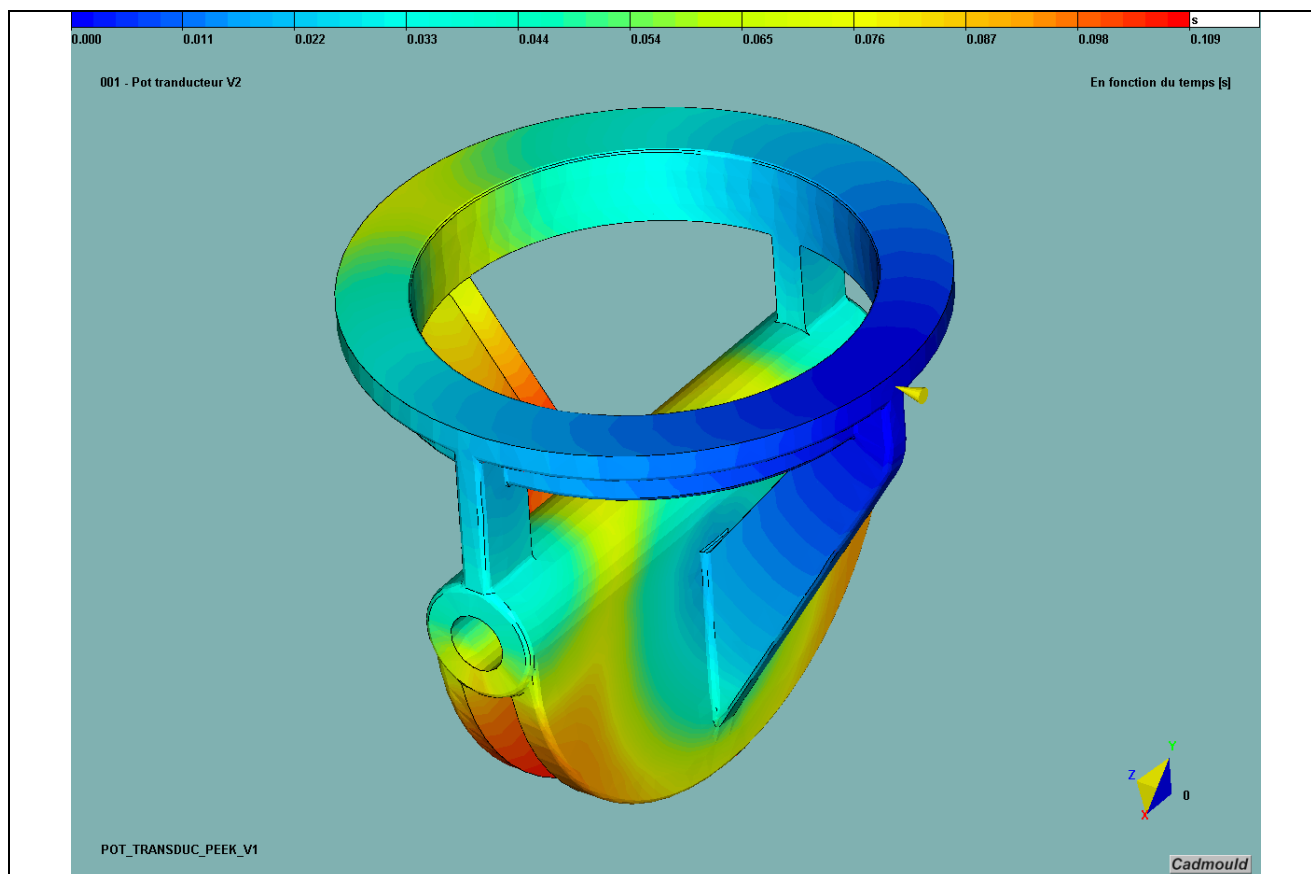
Contraintes de cisaillement acceptables



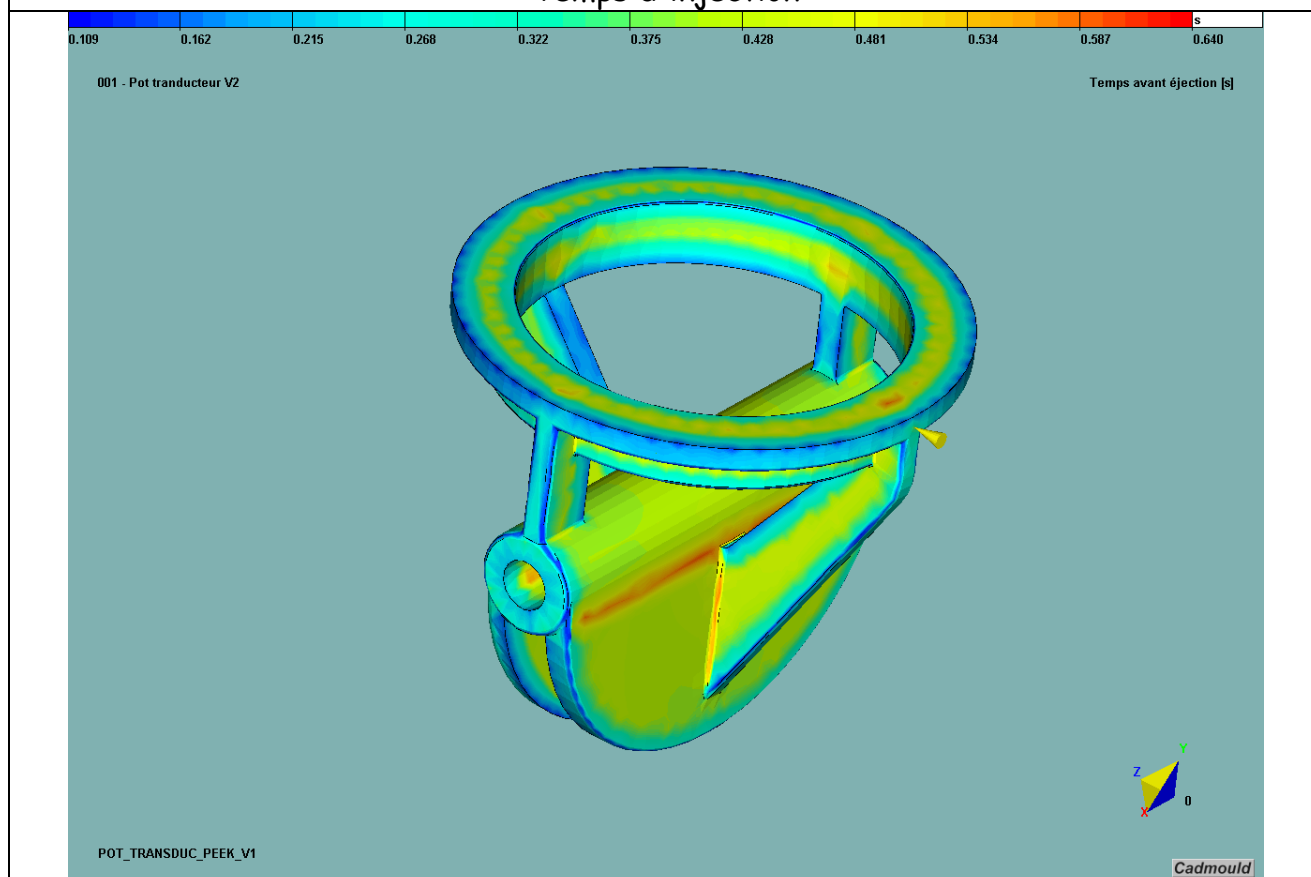
Lignes de soudure et inclusions d'air



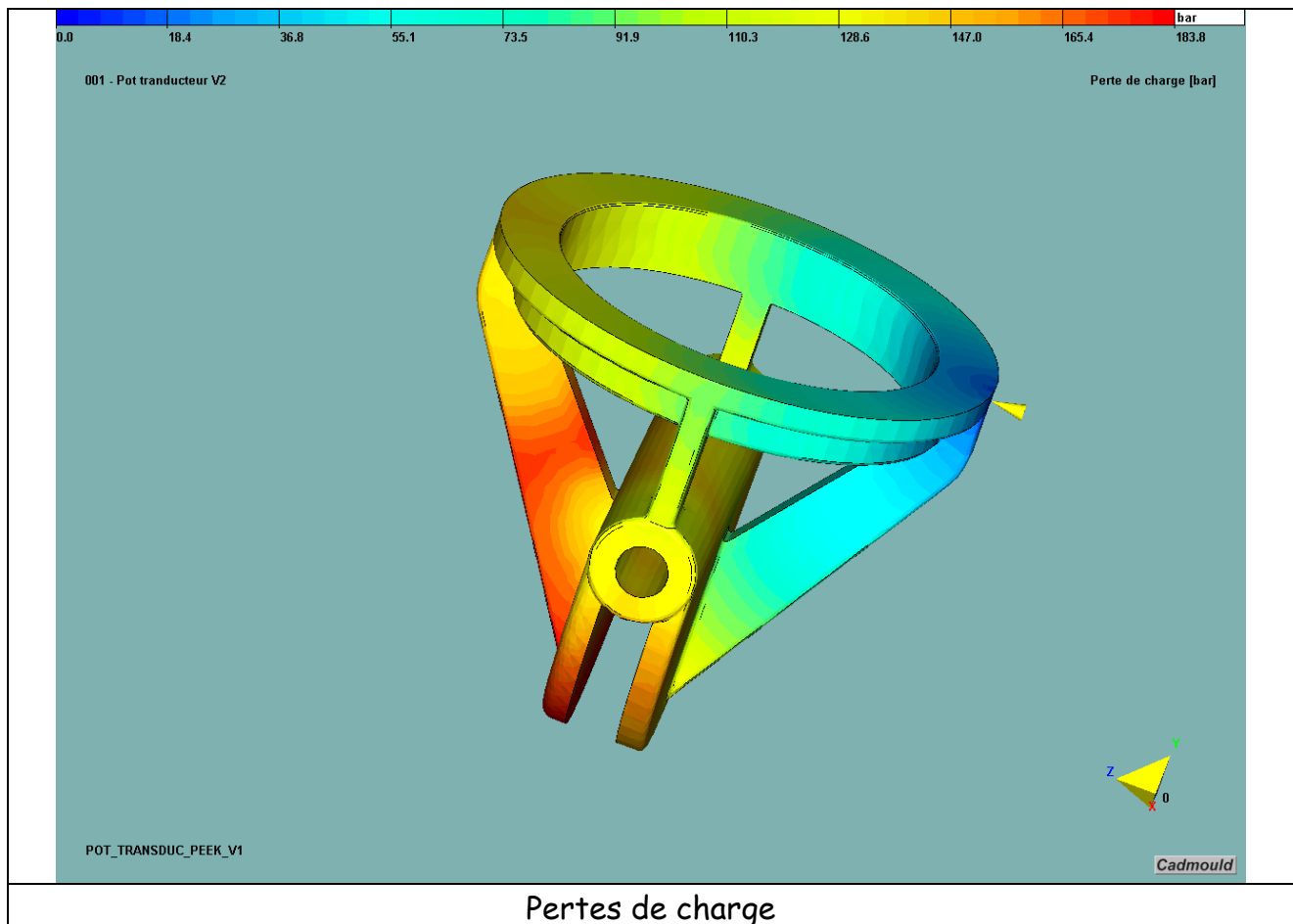
Zones de risque de retassures



Temps d'injection



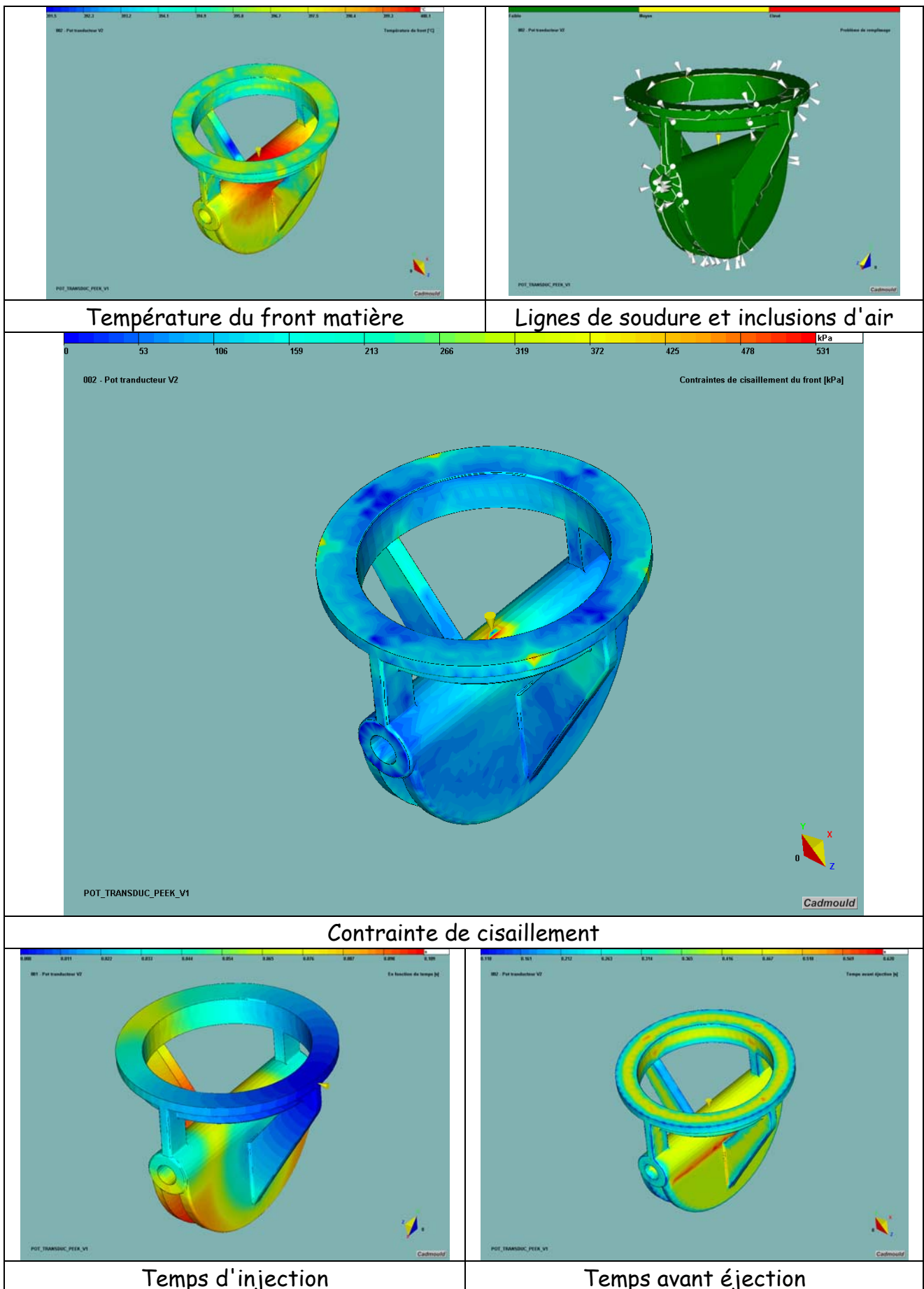
Temps de refroidissement avant éjection

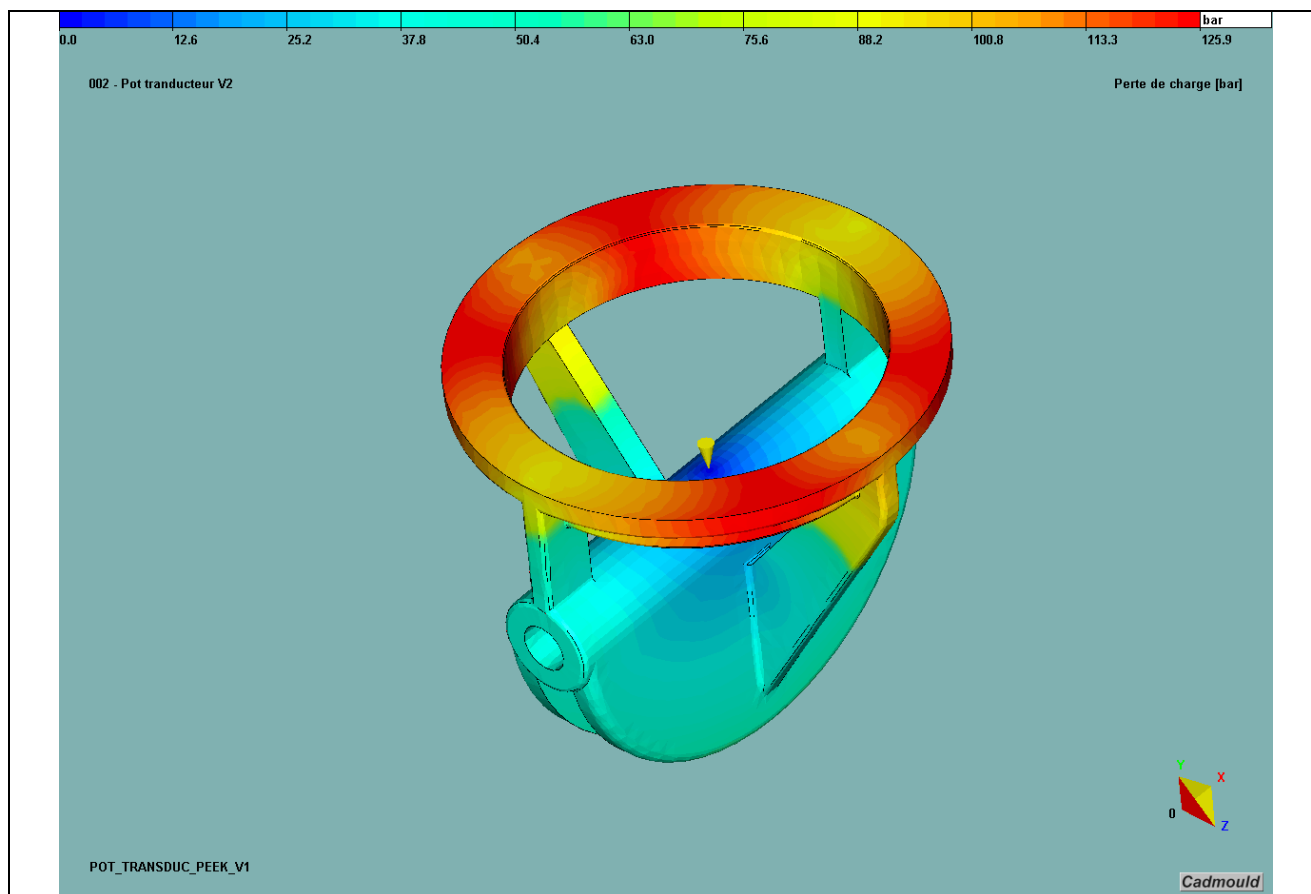


Par rapport à la géométrie précédente on peut constater :

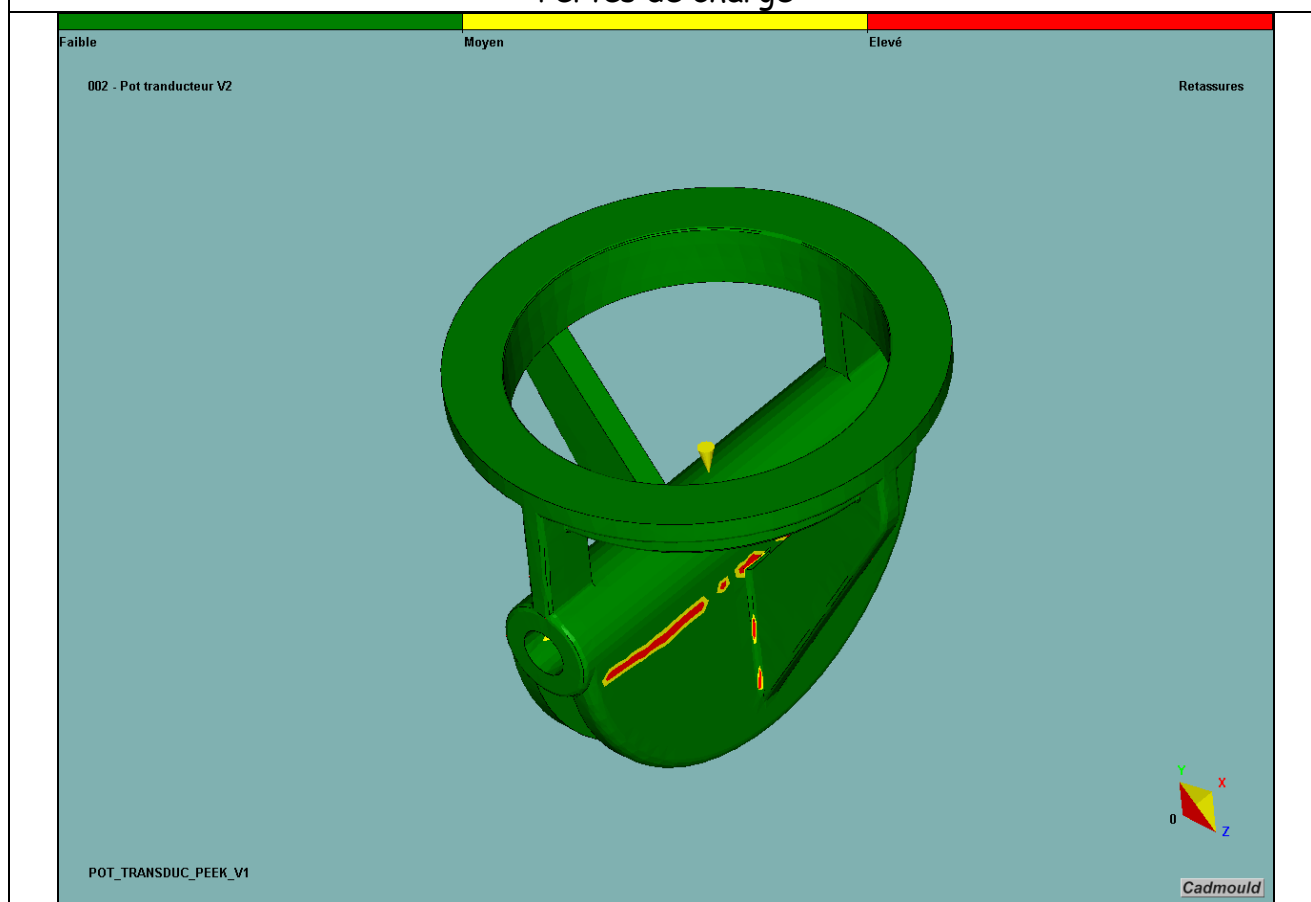
- Augmentation des pertes de charge, ce qui est logique compte tenu de la géométrie plus complexe de la pièce. Ces pertes de charge induiront une pression d'injection plus élevée d'où une force de fermeture de la presse également plus élevée.
 - Très légère diminution du temps d'injection de 0,117 à 0,109 secondes.
 - Diminution du risque de retassures, quelques zones subsistent là où il y a concentration de matière.
 - Très forte baisse du temps de refroidissement du temps avant éjection qui passe de 17,16 à 0,64 secondes.
- D'où un gain très important sur la cadence de production.**

Nouvelle simulation en changeant la position du point d'injection.





Pertes de charge

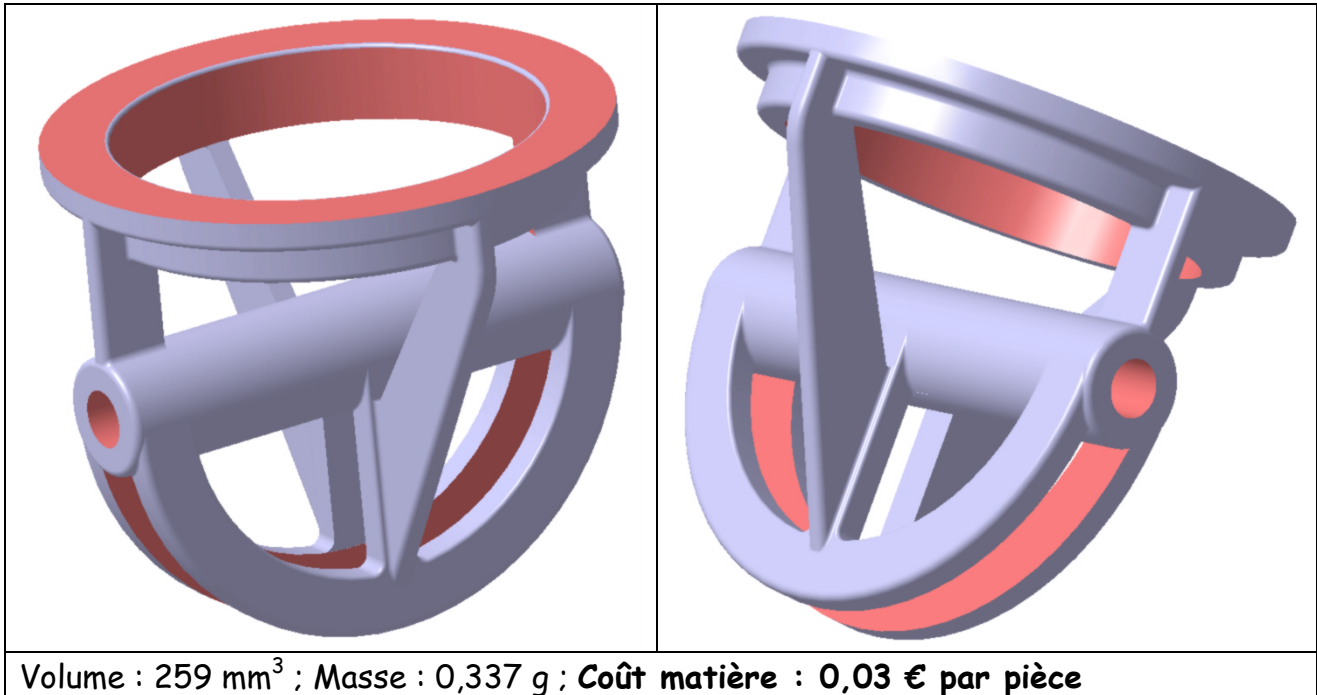


Risques de retassures

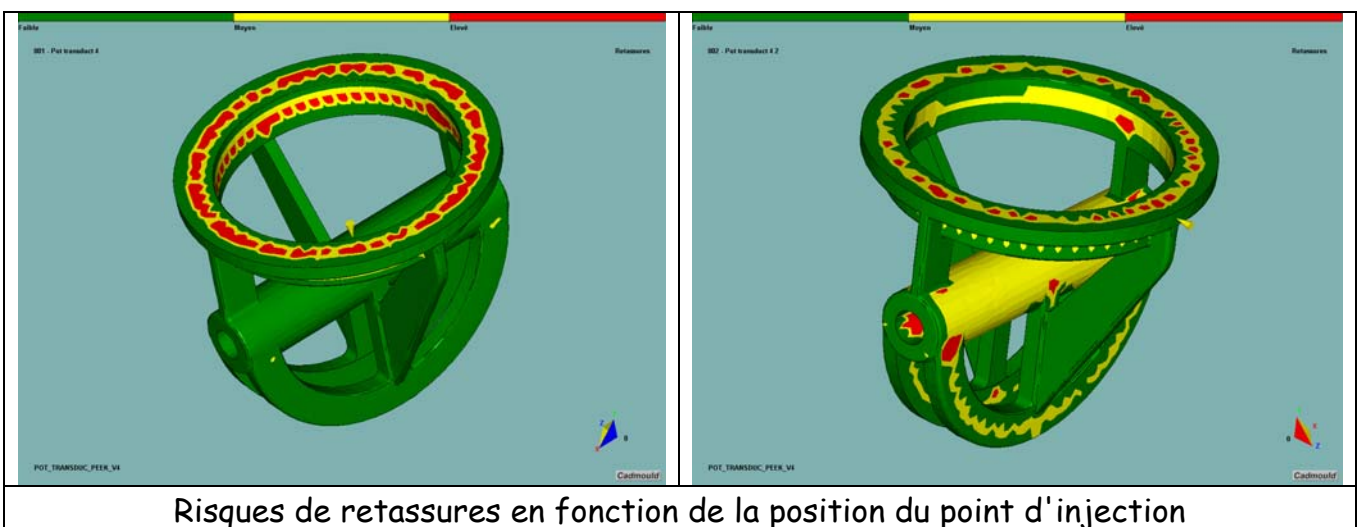
Constatations :

- Diminution des contraintes de cisaillement.
- Diminution des pertes de charge.
- Diminution des lignes de soudure.
- Presque totale disparition des zones à risques de retassures.

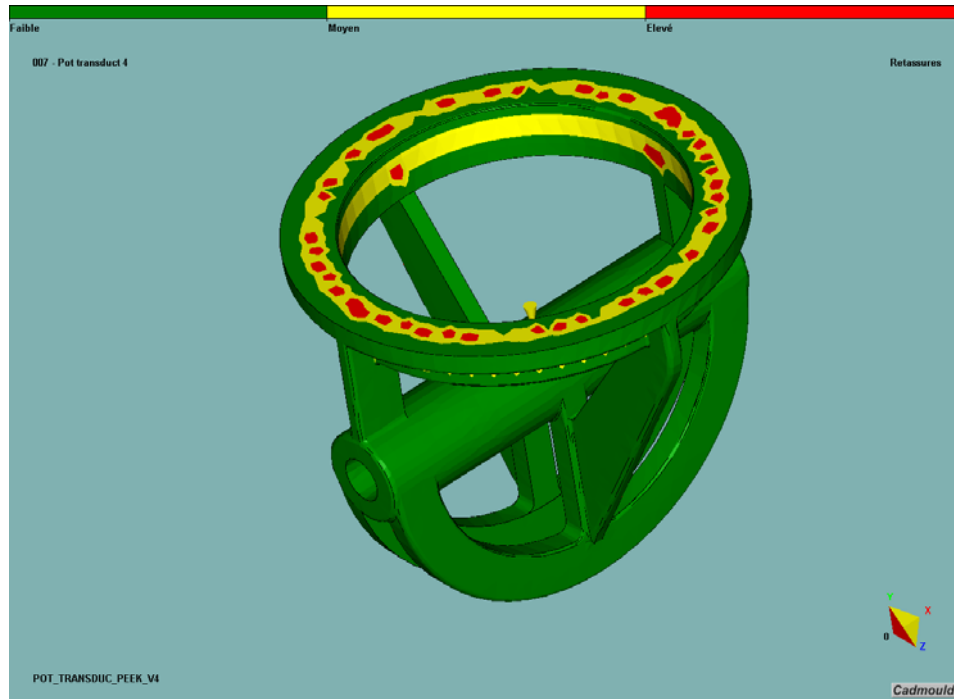
Evolution de la géométrie de la pièce pour limiter les concentrations de matière



Simulation d'injection



Une diminution de la vitesse d'injection permet de minimiser le risque de retassures.



Cette diminution de la vitesse entraîne également une diminution des pertes de charge et des contraintes de cisaillement.

Cela illustre bien la nécessaire collaboration entre le concepteur et le spécialiste métier afin de définir au mieux les paramètres de transformation et le cas échéant amener le concepteur à modifier la géométrie de la pièce

Nouvelle géométrie de la pièce avec intégration de fonctions

L'axe d'articulation du sous ensemble support + transducteur peut être surmoulé ce qui limitera les opérations de montage et collage d'où un nouveau gain de production.

