

Prise en compte des contraintes liées aux procédés dans le dimensionnement en fatigue des culasses et carters cylindres

MASSON Pierre-Damien

Sommaire

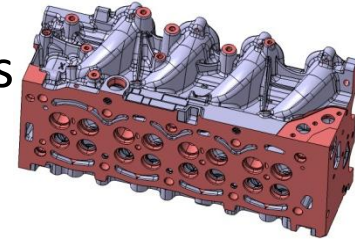
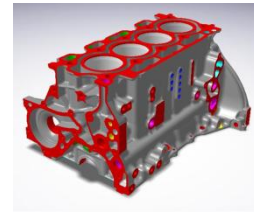
- La naissance d'un besoin

- Les contraintes résiduelles
 - Simulations numériques mises en œuvre
 - Mesures

- Comparatif calculs-essais sur pièces réelles.

- Conclusions

La naissance d'un besoin



- Cadre : la fatigue polycyclique sur carters cylindres et culasses
- Lors d'essais endurance, non corrélation calculs/essais sur la tenue de ces pièces, aussi bien en terme de positionnement géographique des zones de fissuration qu'en durée de vie.
- Mise en cause : les contraintes résiduelles présentes.
- But : avoir une filière de dimensionnement prédictive prenant en compte le process.

Les contraintes résiduelles

■ D'où viennent-elles ?

■ Pièces de fonderies obtenues par différents types de coulées

- Gravité sable, PMP, sous pression,...



■ Subissant ou non un traitement thermique spécifique

■ Et un usinage.

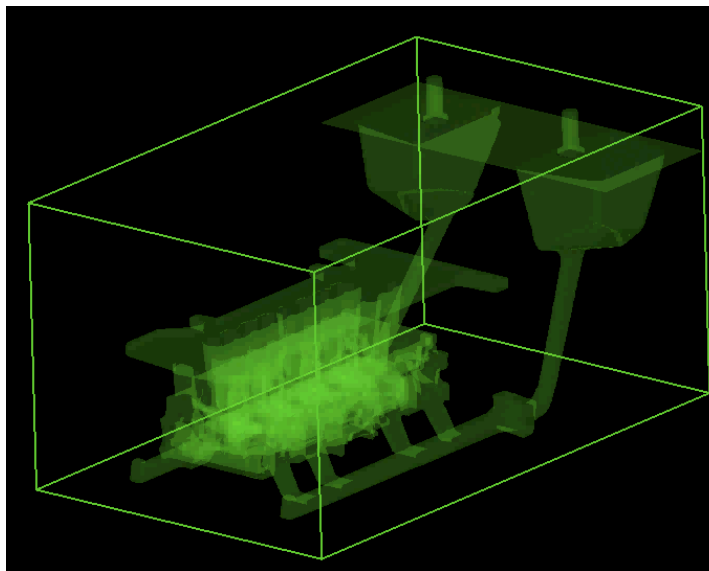
Les contraintes résiduelles

- La fonderie.
 - Pour le carter cylindre aluminium : chemises en fonte sont insérées à la coulée. Effet bi-matière va créer des dilatations différentielles et donc des contraintes.
 - Pour carter et culasse : refroidissement hétérogène de la pièce d'où création de contraintes.

Les contraintes résiduelles – Simulations numériques

- La fonderie et le numérique.

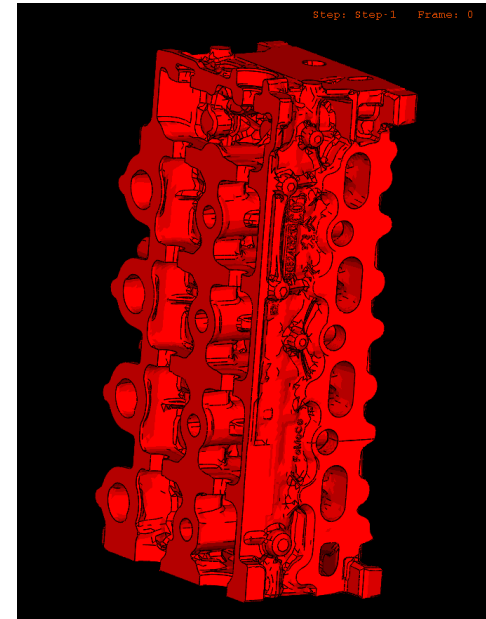
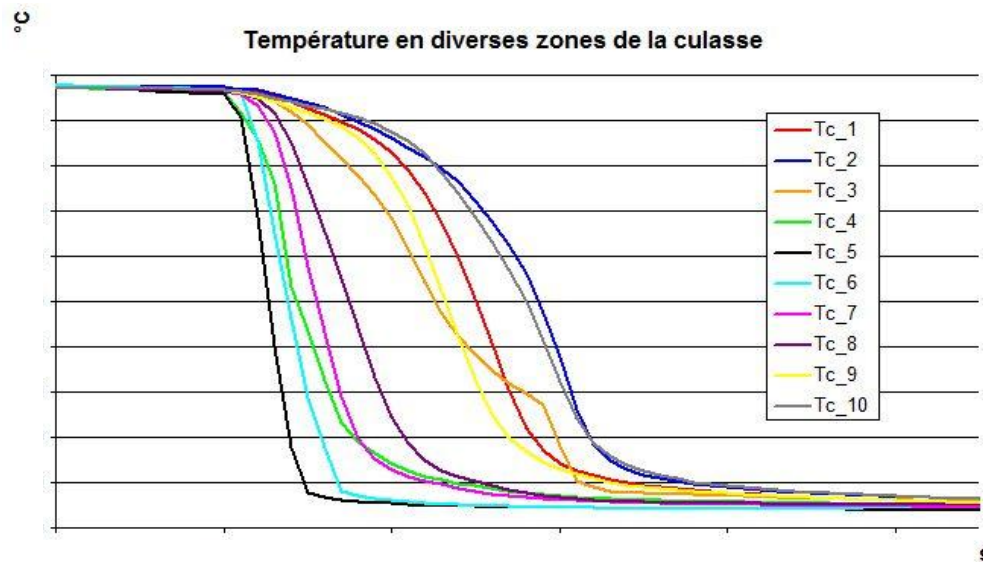
- Modélisation de la coulée/injection pour obtenir les températures en transitoire des pièces.



- Puis un calcul mécanique pour déterminer les contraintes.

Les contraintes résiduelles – Simulations numériques

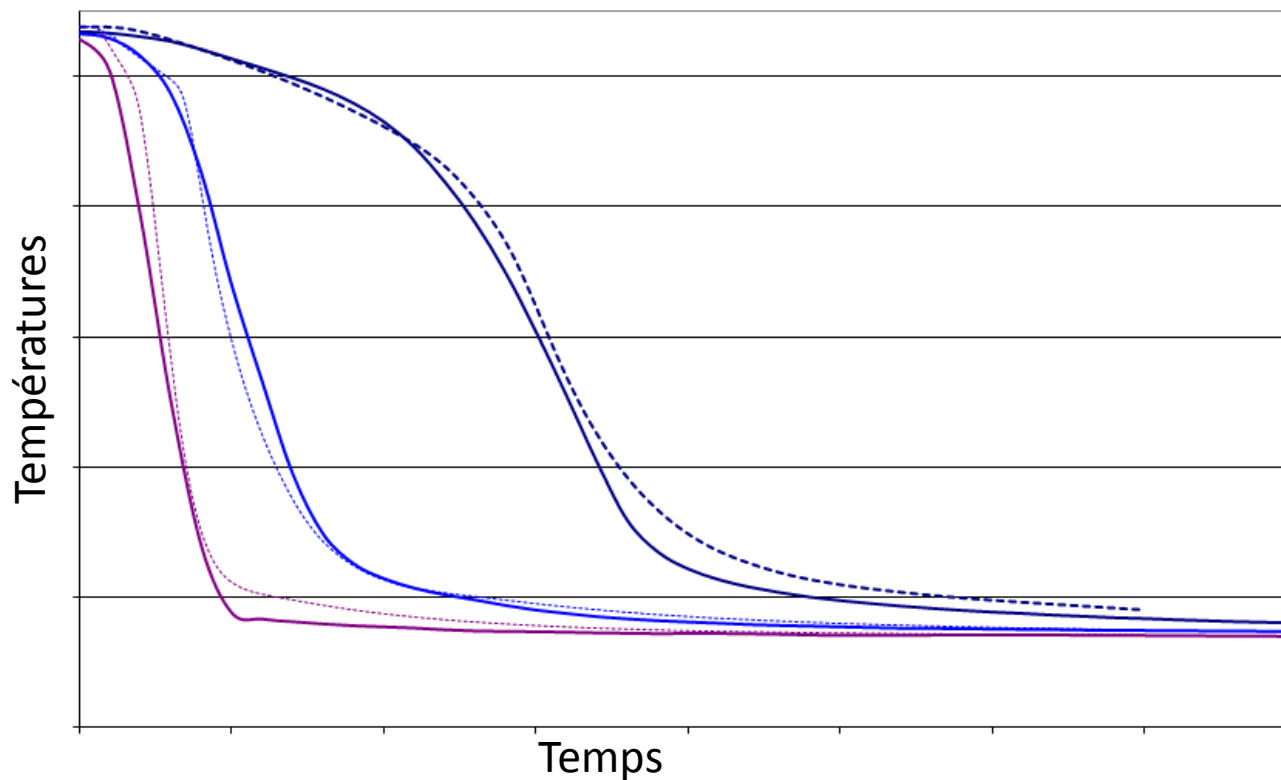
- Les traitements thermiques et le numérique.
 - Modélisation du traitement thermique pour obtenir les températures en transitoire des pièces.



- Puis un calcul mécanique pour déterminer les contraintes.

Les contraintes résiduelles – Simulations numériques

- Hypothèses et limitations des simulations.
 - L'estimation des températures est plutôt prédictive



Exemple sur une
trempe sur 3
zones d'inertie
différente

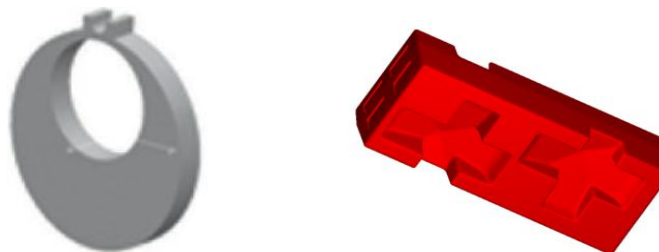
Les contraintes résiduelles – Simulations numériques

- Hypothèses et limitations des simulations.
 - L'estimation des températures est plutôt prédictive
 - Le plus difficile : le calcul mécanique avec les lois de comportement à hautes températures pour estimer au mieux le comportement au long du process et donc les contraintes résiduelles.
 - L'usinage : uniquement la part ré-équilibrage suite à la suppression des copeaux.



Les contraintes résiduelles – Mesures

- Quasi impossibilité de mesure sur pièces réelles.
 - Les formes des pièces sont trop complexes pour permettre des mesures directes sur pièces.
- Recalages sur pièces simples.
 - Définition de pièces de formes permettant à la fois des mesures et la création de contraintes résiduelles par les mêmes procédés de fabrication.

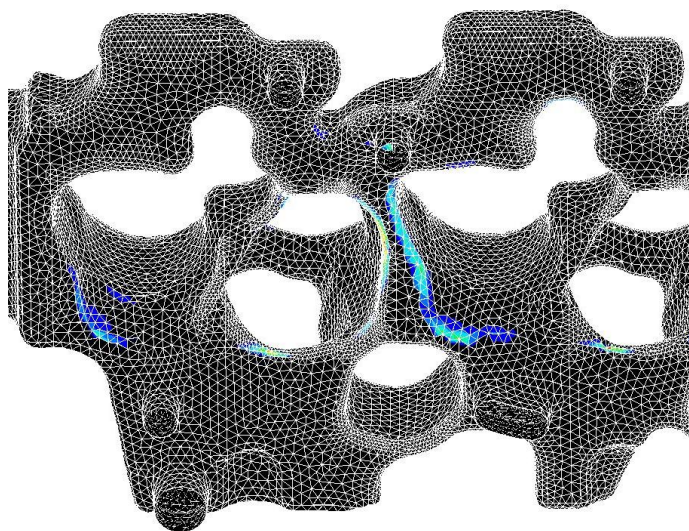


Comparatif calculs-essais sur pièces réelles

- Import des contraintes résiduelles dans le calcul de dimensionnement en fatigue comme conditions initiales.
 - Ce qui permet de dérouler le calcul de dimensionnement avec ou sans contraintes pour voir leur impact
 - De dérouler le calcul de dimensionnement de manière totalement transparente.

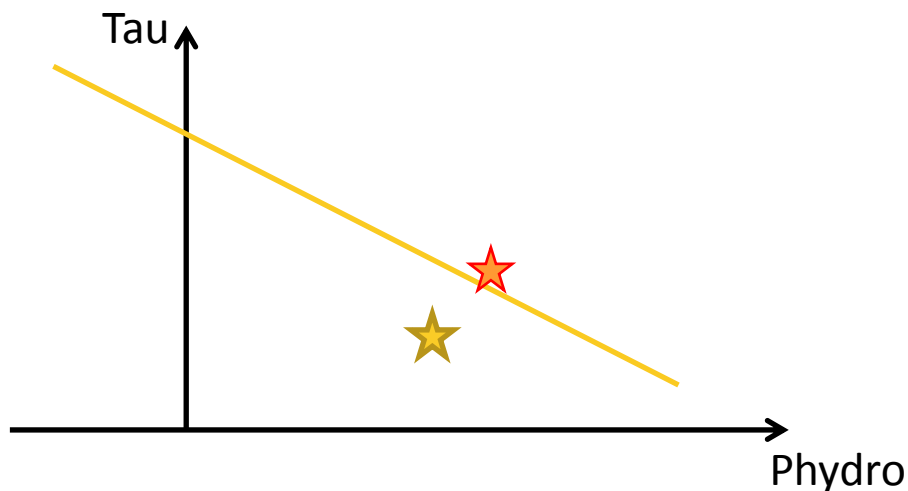
Comparatif calculs-essais sur pièces réelles

- Import des contraintes résiduelles dans le calcul de dimensionnement en fatigue comme conditions initiales.
- L'estimation des zones de fissuration fonctionne bien ainsi que l'estimation de la durée de vie.



Comparatif calculs-essais sur pièces réelles

- Import des contraintes résiduelles dans le calcul de dimensionnement en fatigue comme conditions initiales.
- L'estimation des zones de fissuration fonctionne bien ainsi que l'estimation de la durée de vie.
- Cas récent : une culasse calculée sans puis avec contraintes résiduelles :



Comparatif calculs-essais sur pièces réelles

- Import des contraintes résiduelles dans le calcul de dimensionnement en fatigue comme conditions initiales.
- L'estimation des zones de fissuration fonctionne bien ainsi que l'estimation de la durée de vie.
- Attention, le process est un phénomène très dispersé. Par exemple, les culasses en attente d'un bain de trempe :



Conclusions

- Il est indispensable de prendre en compte les contraintes résiduelles dans le dimensionnement.
- Estimation relativement difficile du comportement du matériaux à chaud.
- Dimensionnement fiabiliste : essayer de prendre en compte au mieux les dispersions de tous ces phénomènes.

