

Procédé RAME : Évaluation des pertes de chaleur et mesure de la température au bec de coulée

**S. Amiot, Z. Parent
V. Dassylva-R, J-S Deschênes,
J-C Méthot, J. Brousseau**

Département de mathématiques, d'informatique et de génie
Université du Québec à Rimouski

26 avril 2023

UQAR
Campus de Rimouski

Présentation de l'équipe

Étudiants

- Simon Amiot (*étudiant 4^{ième} année*)
- Zachary Parent (*étudiant 4^{ième} année*)

Professeurs

- Véronique Dassylva-Raymond
Expertises: Transfert de chaleur, mécanique des fluides, procédés métallurgiques
- Jean-Sébastien Deschênes
Expertises: Automatisation et contrôle de procédés industriels
- Jean Brousseau
Expertises: Conception mécanique (Chaire CRSNG en génie de la conception)

Professionnel de recherche (superviseur de projet)

- Jean-Christian Méthot



PLAN DE LA PRÉSENTATION

1. Introduction
2. Définition du problème
 1. Mandat détaillé
 2. Mise à jour du mandat
3. Méthodologie
4. Enjeux et contraintes
 1. Modèle numérique
 2. Spécifications des matériaux
 3. Système de refroidissement
5. Résultats et simulations
 1. Modèle 3D
 2. Hypothèses
 3. Plan de mesure
 4. Simulations
6. Recommandations



Introduction

- Rappel des deux problématiques d'Industri-AL
 - Prédiction de la température en continu
 - Diminution de l'oxydation
- Étapes accomplies à l'été 2022
 - Revue de littérature
 - Modèle prédictif de température



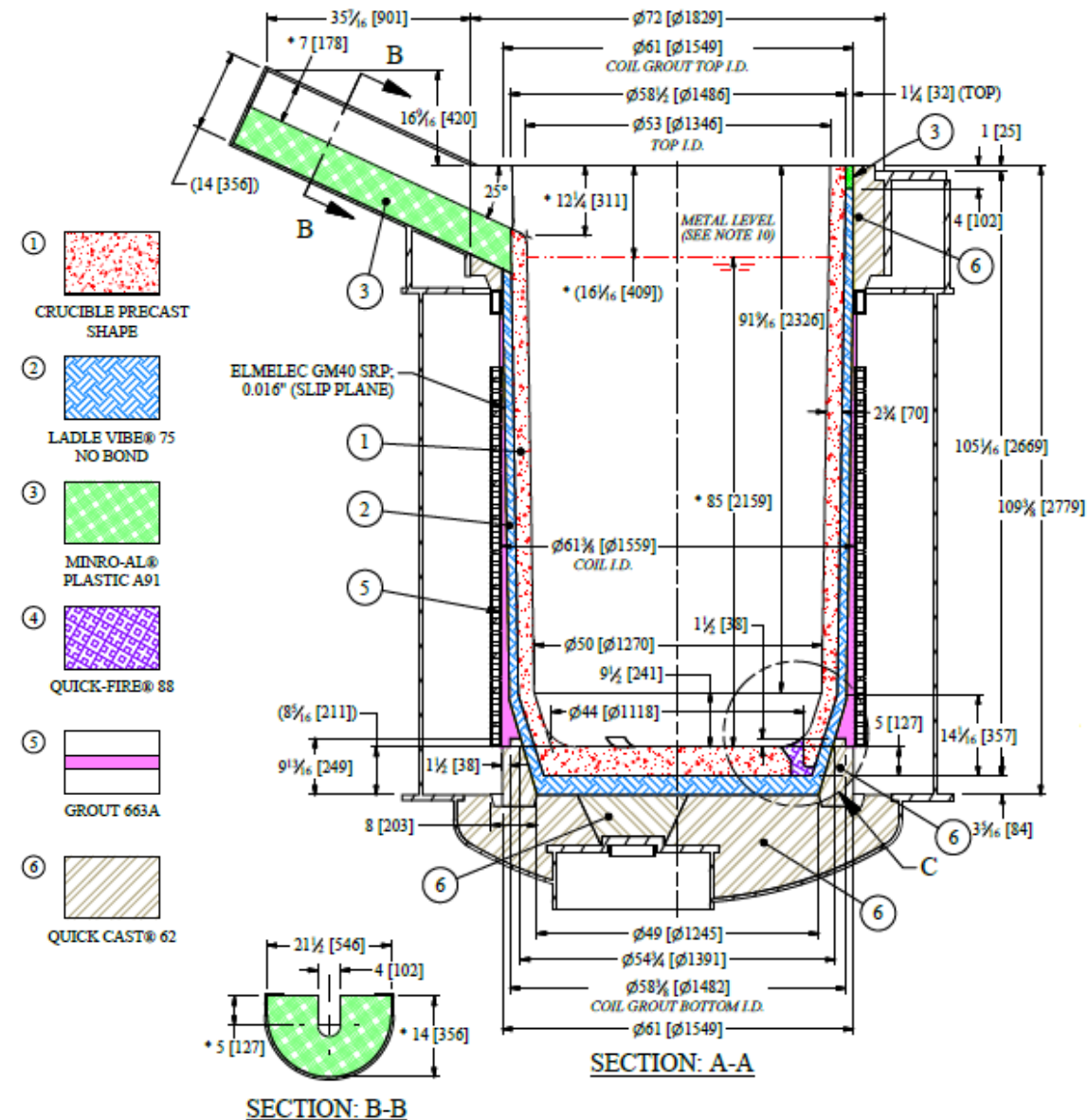
Définition du problème - Mandat détaillé

- Objectif premier
 - Optimiser le taux de récupération des sous-produits en effectuant les coulées à une température optimale (entre 725-750°C).
- Mandat principal
 - Développer un modèle 3D dans le but de prédire les pertes de chaleur pour compléter le modèle de prédiction de température.
- Mandat secondaire
 - Conception d'un dispositif de prise de mesure de température dans le bec de coulée.



Méthodologie – Modèle 3D

- Récupération et analyse des plans
 - Informations sur le four et le système de refroidissement.
- Construction du modèle physique dans SolidWorks (modèle thermique ou thermo fluide)
- Préparation des simulations
 - Hypothèses
 - Propriétés des matériaux
 - Récupération de données (anciennes et nouvelles)
- Simulation
 - Calibration du modèle (plan de mesure)



Enjeux et contraintes

- Fiabilité des plans vs installation réelle
 - Four et système de refroidissement.
 - Communication avec le fournisseur.
- Propriétés des matériaux
 - Identification des matériaux dans les plans.
 - Propriété dans les gammes de températures utilisées.
- Calibration du modèle
 - Contraintes physiques pour la prise de mesure (accès aux parois).
 - Disponibilité de l'équipement de mesure (liste des thermocouples disponibles).
 - Ressources humaines pour prendre les mesures.
 - Aspect santé-sécurité pour la prise de mesure.

Spécifications des réfractaires

- Cp (Chaleur spécifique J/kg·K) pour la plage de température (0-850°C)
- k (Conductivité thermique W/m·K) pour la plage de température (0-850°C)
- Densité (kg/m³) pour la plage de température (0-850°C)

QUICK CAST® 62

QUICK CAST® 62 is a mullite based low cement castable. This unique design offers a variety of options for installation including casting, vibration casting, pumping, and shotcrete. QUICK CAST® 62 offers good mechanical strength, hot strength and resistance to thermal cycling.

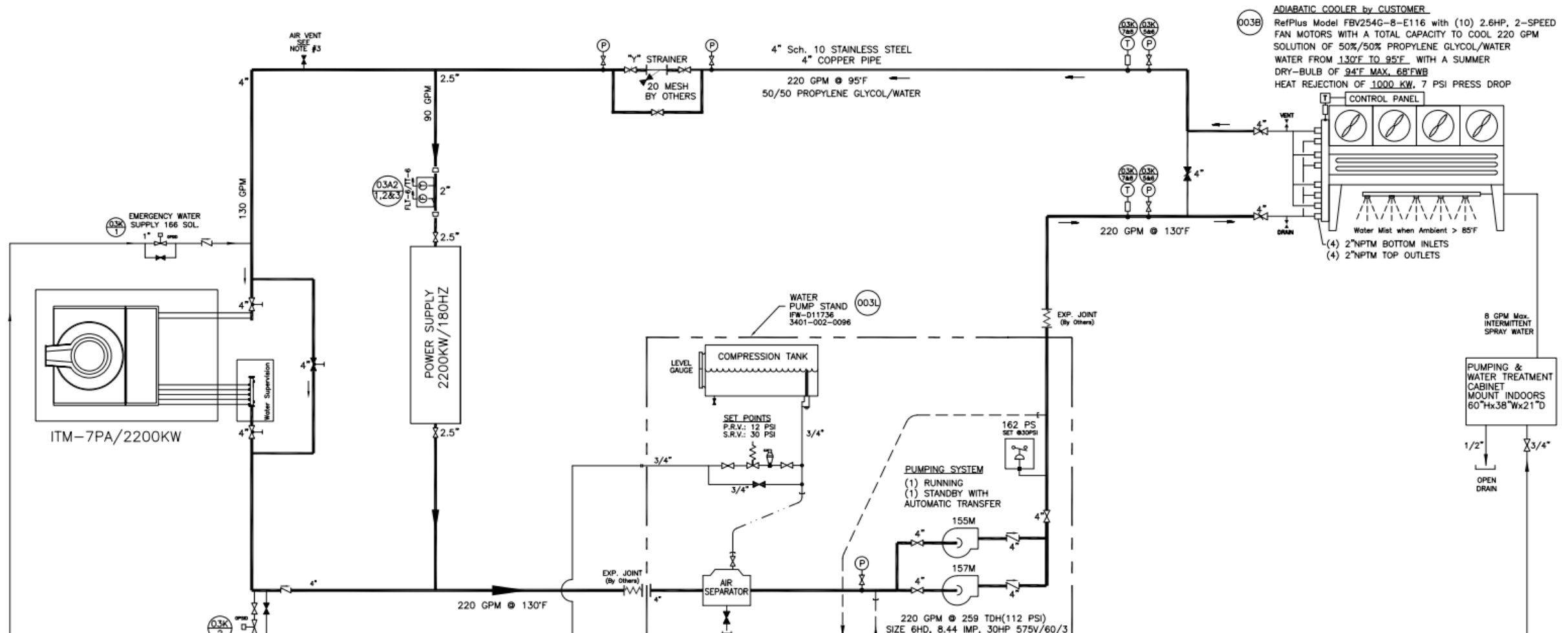
Chemical Analysis	Major Components
Al ₂ O ₃	67.7%
SiO ₂	26.7
CaO	2.0
TiO ₂	1.9
Fe ₂ O ₃	0.9
Other	0.8

(Proprietary ingredients not included)

Product Information	
Maximum Use Temperature	1705°C (3100°F)
Material Required	2.64 g/cm ³ (165 lb/ft ³)
Grain Size	7 mm (3 mesh) and finer
Installation Methods	Self-Flow, Vibration, Shotcrete

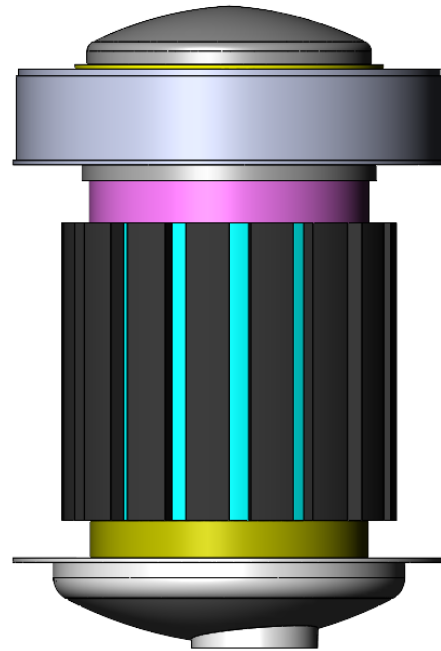
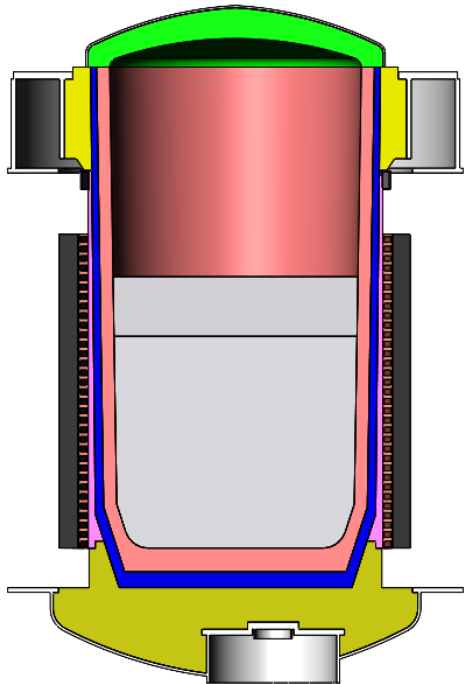
Procédé RAME : Évaluation des pertes de chaleur et mesure de la température au bec de coulée

Systeme de refroidissement

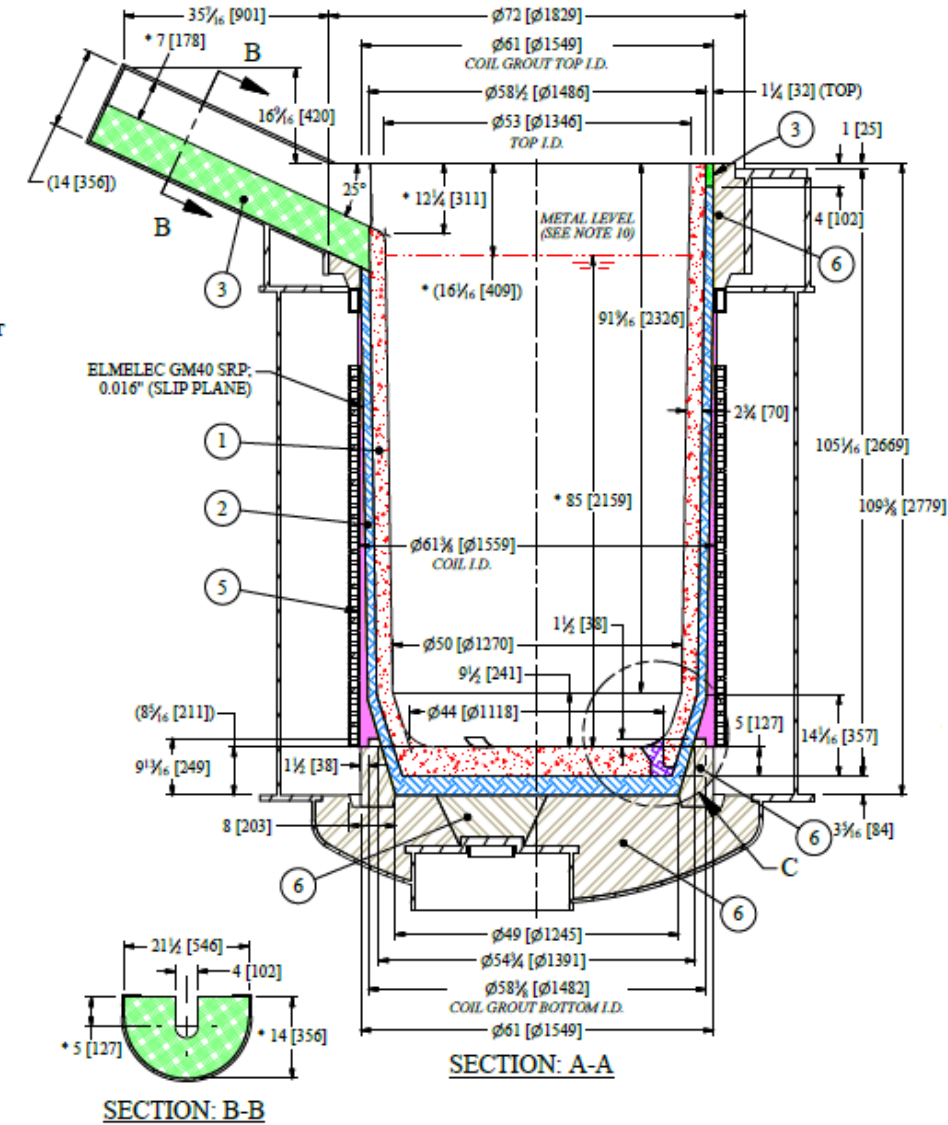


Modèle 3D

Modélisation - SolidWorks



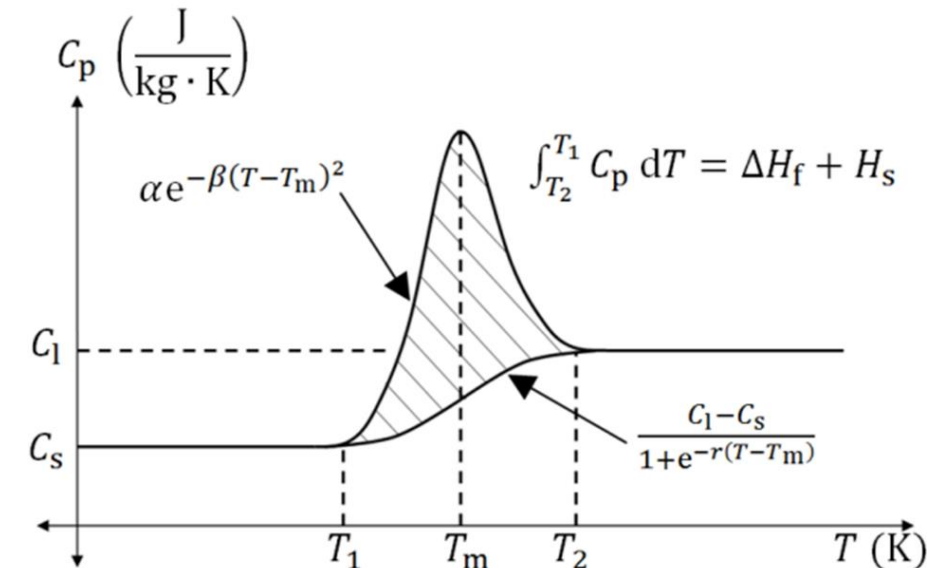
- ① CRUCIBLE PRECAST SHAPE
- ② LADLE VIBE® 75 NO BOND
- ③ MINRO-AL® PLASTIC A91
- ④ QUICK-FIRE® 88
- ⑤ GROUT 663A
- ⑥ QUICK CAST® 62



Simulations - Préparation

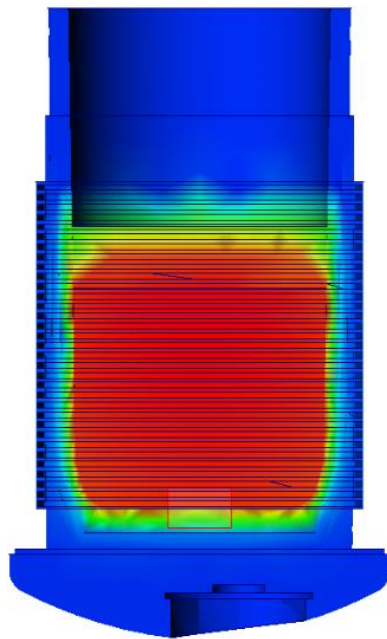
- Conditions limites
 - Puissance sur l'aluminium
 - Convection (intérieur et extérieur)
 - Radiation (intérieur et extérieur)
 - Puissance du système de refroidissement
- Méthode enthalpie

$$P_{\text{équivalente}} = \frac{P_{\text{moyenne}} \cdot \Delta t - m_{\text{aluminium}} \cdot h_{fg}}{\Delta t}$$

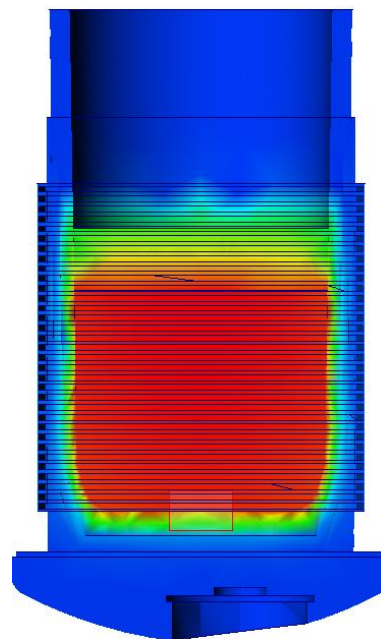


Simulations - Résultats

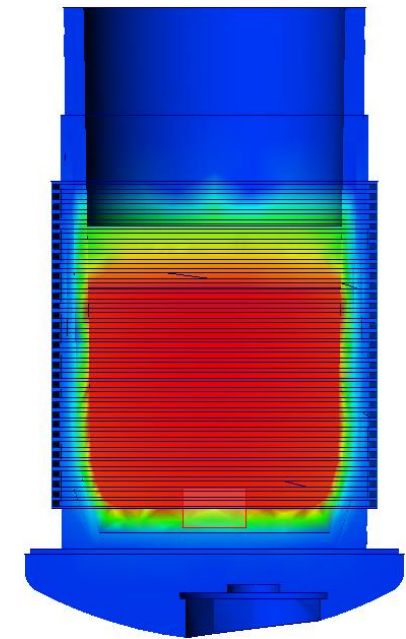
Validation de la méthode enthalpie



Méthode enthalpie



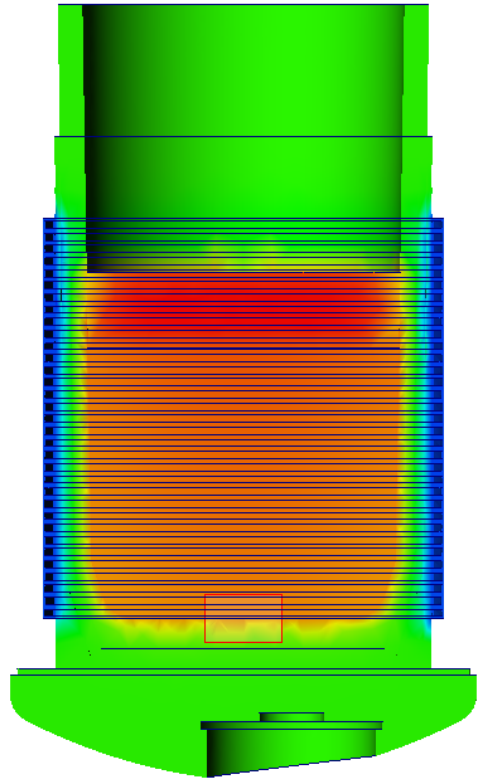
Sans la méthode enthalpie



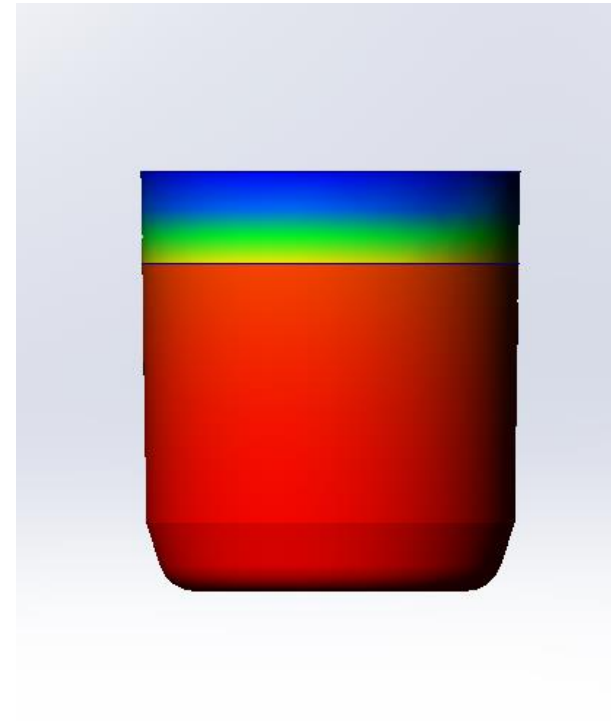
Puissance équivalente

Simulations - Résultats

Application du flux de refroidissement sur la bobine



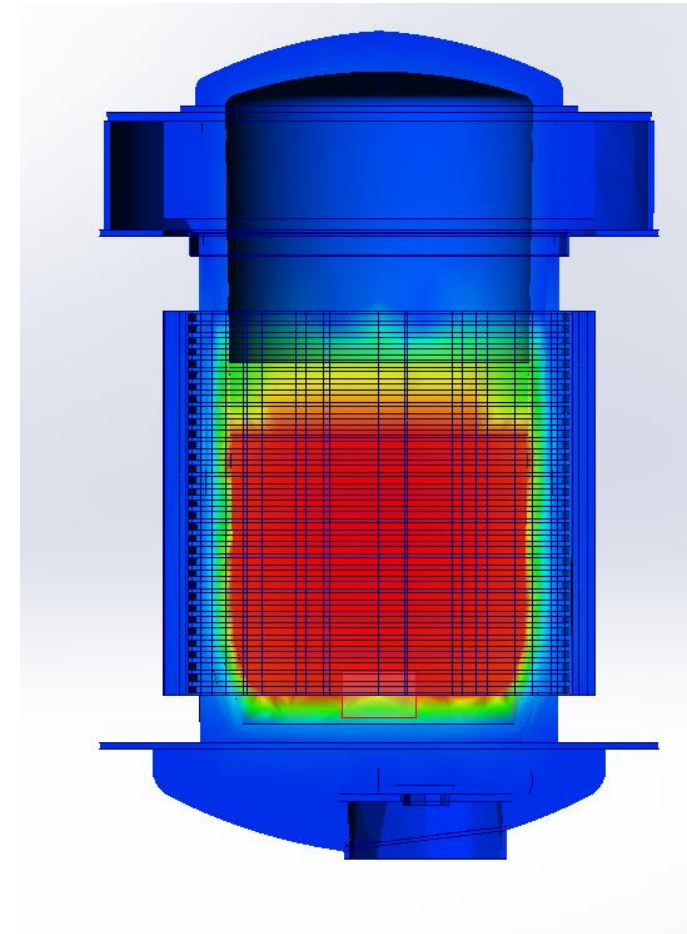
Application de la puissance sans perte de chaleur



Simulations - Résultats

- Ensemble des conditions limites
 - Puissance équivalente (moins lourd)
 - Convection
 - Radiation
 - Aucune puissance de refroidissement

Modèle complet



Références

1. Amiot, S.; Parent, Z.; Dassylva-R, V.; Brousseau, J.; Deschênes, J-S (2022-09-19). *Procédé RAME : Évaluation des pertes de chaleur et mesure de la température au bec de coulée*, Département de mathématiques, d'informatique et de génie Université du Québec à Rimouski, document remis dans le cadre du cours Projet.
2. CHAIRE CRSNG-UQAR EN GÉNIE DE LA CONCEPTION (2022-09-01). *Définition du projet*, document remis au client.
3. LEFEBVRE INDUSTRI-AL (Consulté le 2022-09-17). *À propos de nous – Histoire*, <https://www.lefebvre-al.com/a-propos>.