

# ÉTUDE DES SYSTÈMES DE DISTRIBUTION DE L'ALUMINIUM POUR LA COULÉE EN PLAQUE

SYNERGIE-AL 2007  
ST-HYACINTHE, QUÉBEC

**Par :** **S. P. TREMBLAY**

PYROTEK HIGH-TEMPERATURE  
PRODUCTS INCORPORATED  
CHICOUTIMI, CANADA

**A. ARSENAULT**

CENTRE DE HAUTE TECHNOLOGIE  
JONQUIÈRE, QUÉBEC

**DANIEL LAROUCHE**

UNIVERSITÉ LAVAL, DÉPARTEMENT DE  
GÉNIE DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE  
ET DES MATÉRIAUX,  
STE-FOY, QUÉBEC

# APERÇU

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ QUI EST PYROTEK?
- ▶ DESCRIPTION DU PROJET
- ▶ PARTENARIAT
- ▶ DESCRIPTION DE LA COULÉE EN PLAQUE
- ▶ PRÉSENTATION TECHNIQUE
- ▶ CONCLUSION



# Pyrotek

*Improving Performance*



# Pyrotek

*Our mission is to provide innovative solutions to customer needs utilizing our global resources.*



# *Pyrotek Profile*

- ▶ Ventes annuelles de \$300M
- ▶ 1400 employés
- ▶ 27 sites de fabrication
- ▶ 42 sites de stockage
- ▶ 60 sites de vente dans plus de 30 pays



# *Worldwide Locations*

# Pyrotek



[www.Pyrotek.info](http://www.Pyrotek.info)



# Clients

**MAHLE**



**ALCOA**



**GM**

**KAISER ALUMINUM**



**COMALCO**  
SMELTING



# DESCRIPTION DU PROJET

- ▶ DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE MATHÉMATIQUE SIMULANT LA COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE
  
- ▶ EMPHASE MISE SUR LA DISTRIBUTION DE L'ALUMINIUM

# PARTENARIAT

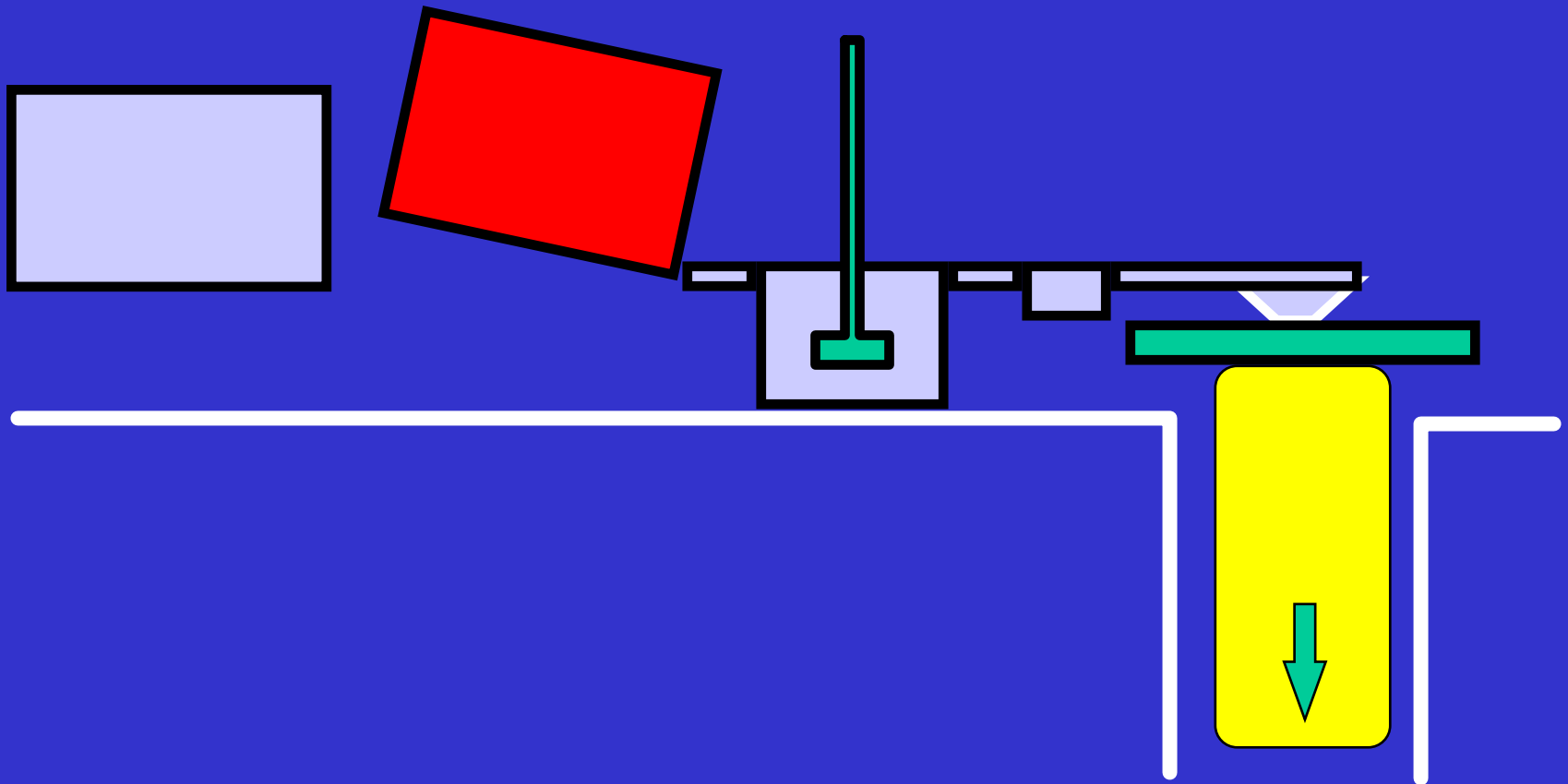


Pyrotek



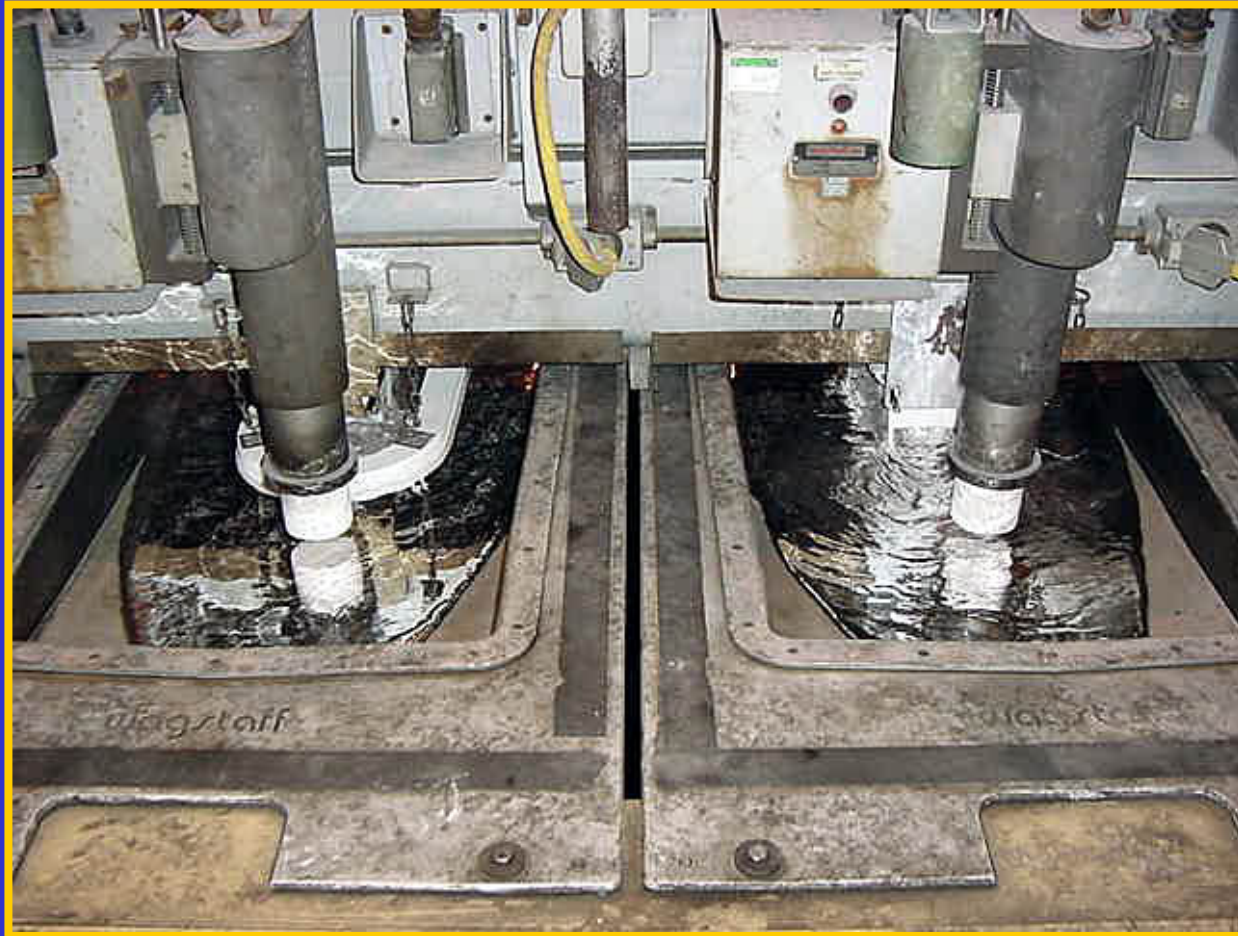
# DESCRIPTION DE LA COULÉE EN PLAQUE

## DÉTAILS DU PROCÉDÉ



# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## DÉPART DE COULÉE



# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## DISTRIBUTEURS EN FIBRE DE VERRE



Regular sewn  
combo bag

TF Combo bag

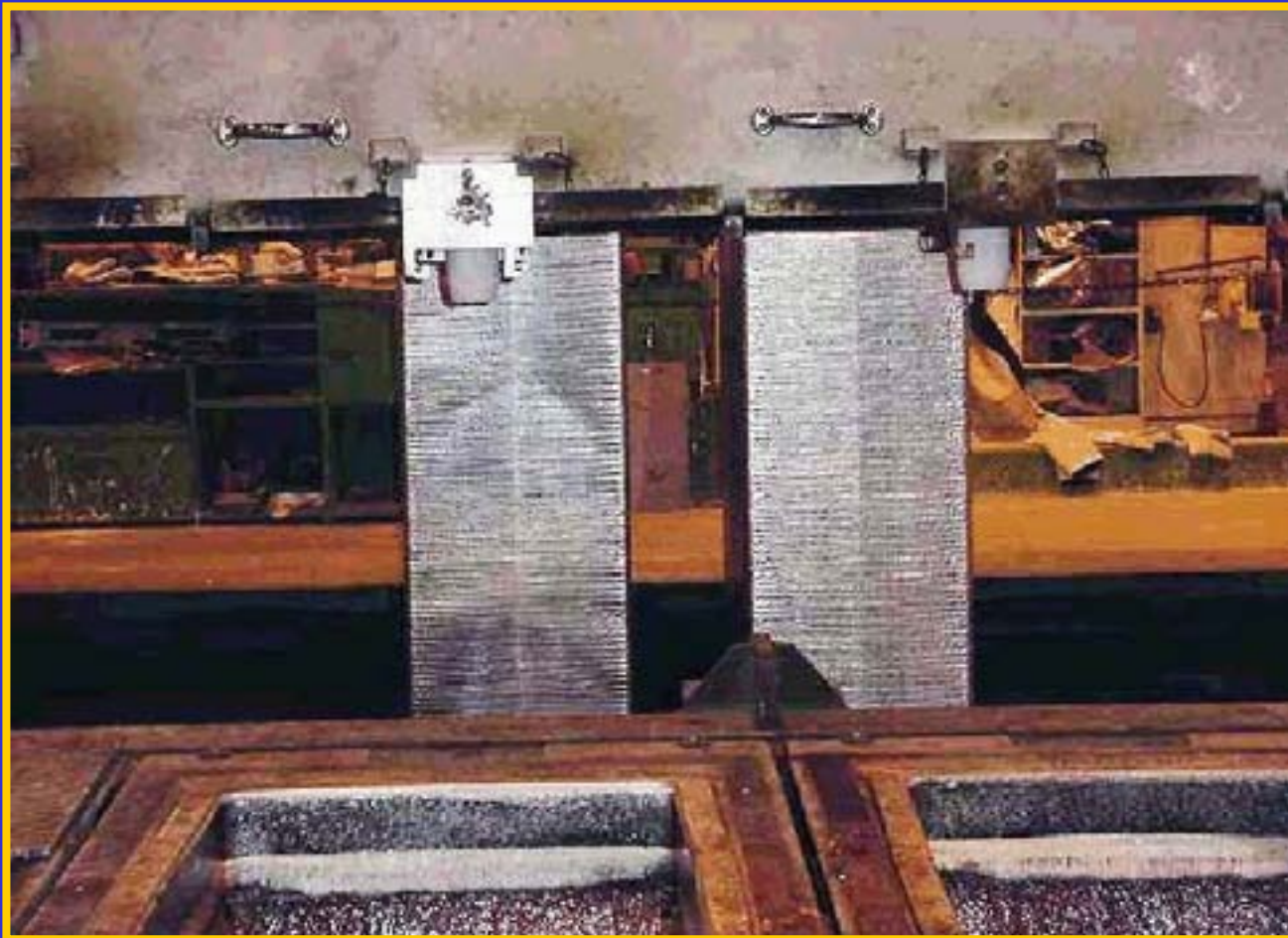
# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## COMBO BAG TYPIQUE APRÈS COULÉE



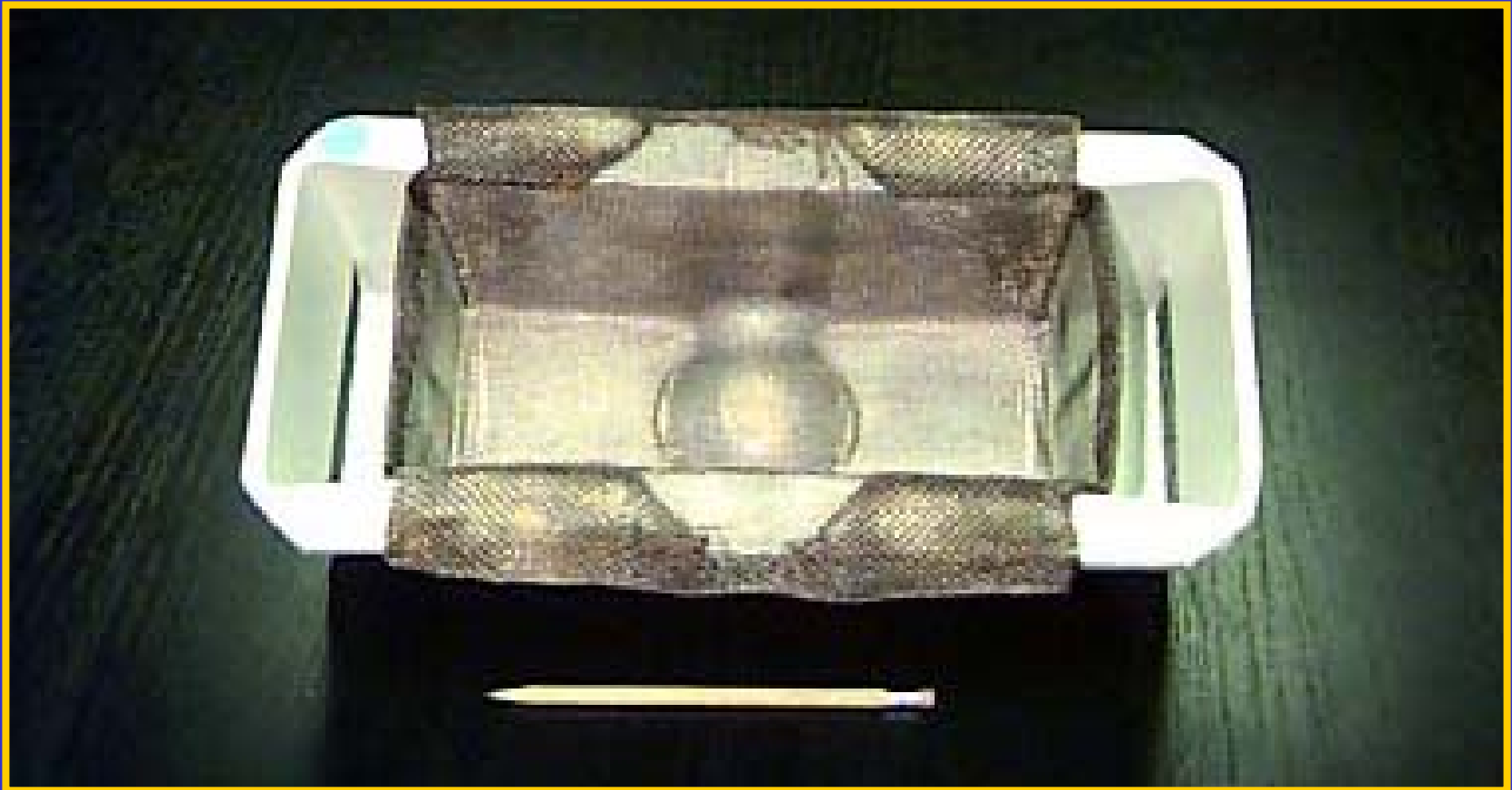
# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## LINGOTS DE LAMINAGE



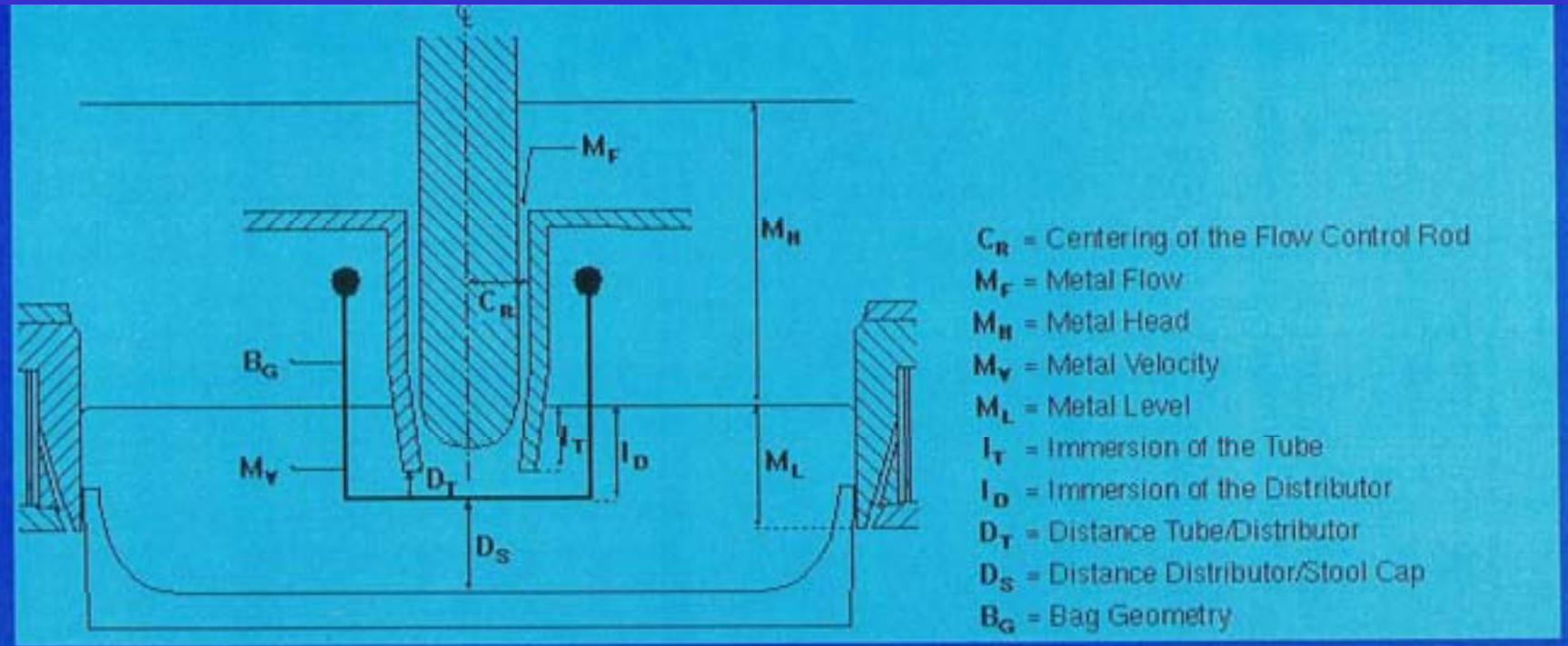
# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

ReMAD (Reusable molten aluminum distributor)



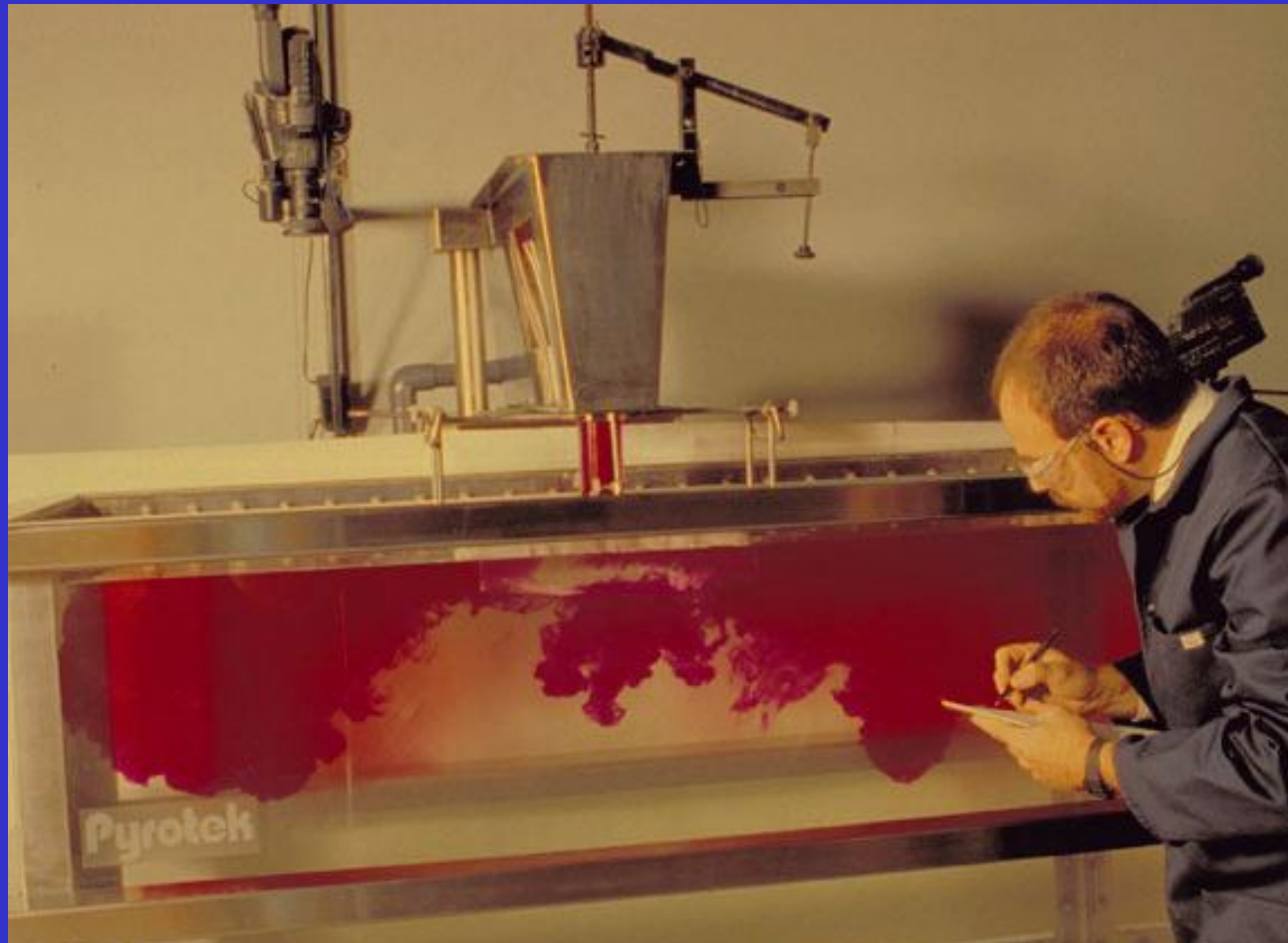
# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## VARIABLES À CONTRÔLER



# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## MODÈLE À L'EAU



12 Avril, 2007

# Présentation technique

André Arsenault

Programme de 3<sup>e</sup> cycle

Département de génie des mines, de la métallurgie et des matériaux

Université Laval

# Objectif

## Avec les éléments suivants

C & Q le panier de déversement

C & Q les mécanismes de transport (énergie, masse, quantité de mouvement)

C & Q la forme de l'interface de la piscine de métal liquide

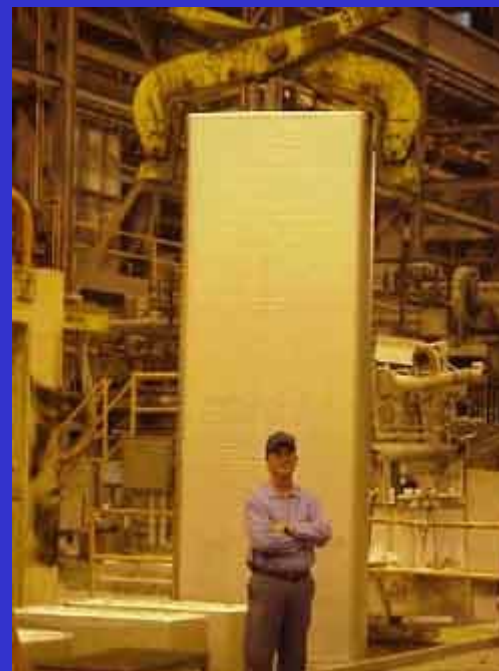
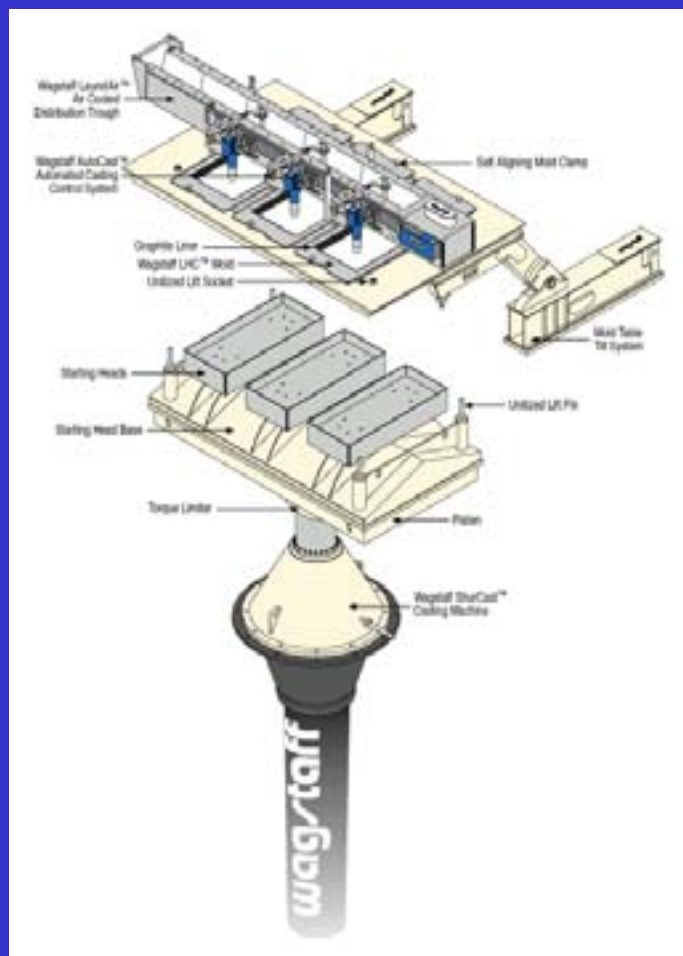
## Nous voulons

Dégager des corrélations quantitatives de l'influence du panier de déversement sur la forme de la piscine de métal liquide.

\*\* C & Q : Caractériser et quantifier

- Simulation des phénomènes de transport avec Procast
- Mesures expérimentales d'une vraie coulée
- Étude numérique:
  - Détermination d'indicateur
  - Détermination d'un cas neutres
  - Variation des paramètres du panier
- Corrélations quantitatives

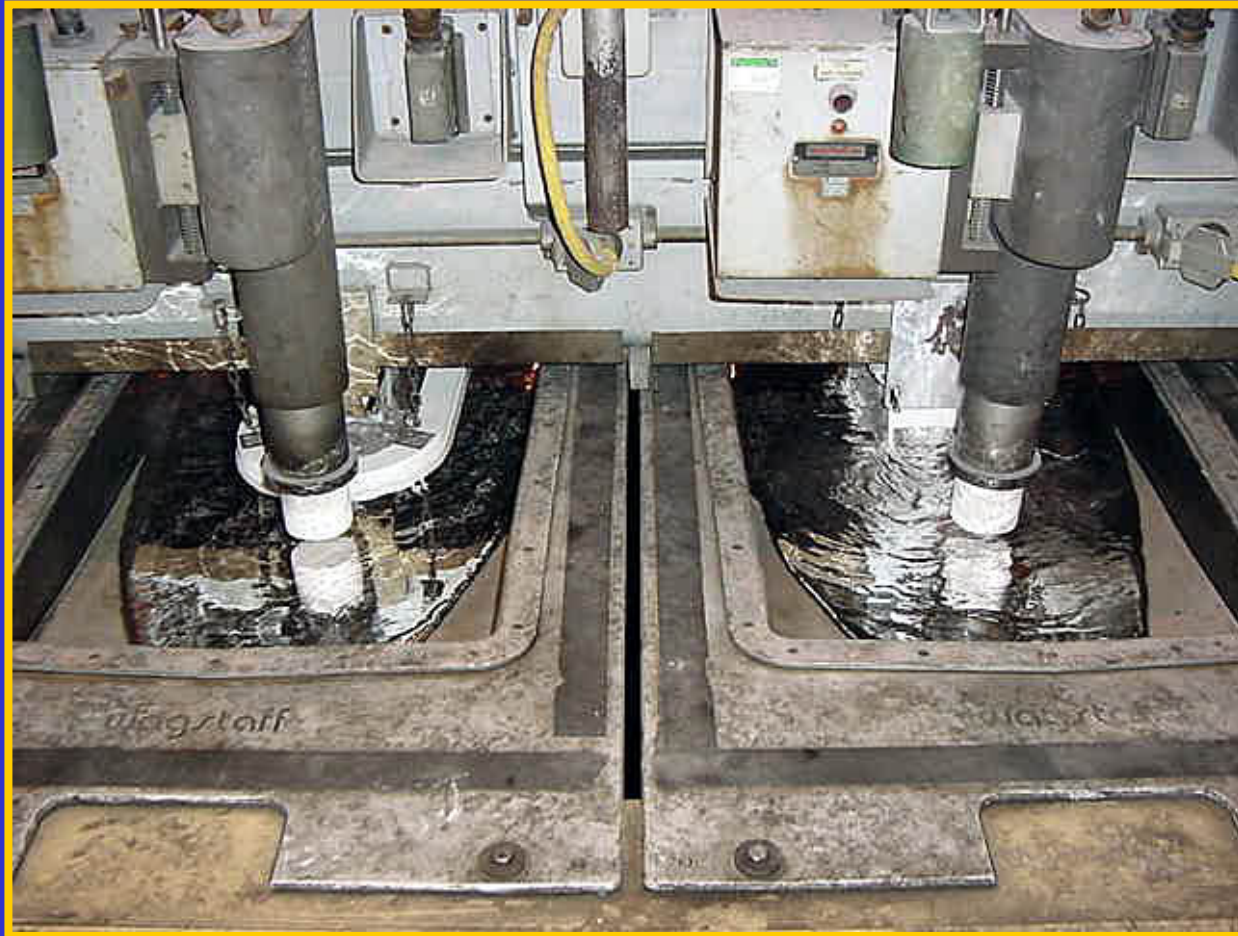
# Schéma d'une installation de coulée semi continue



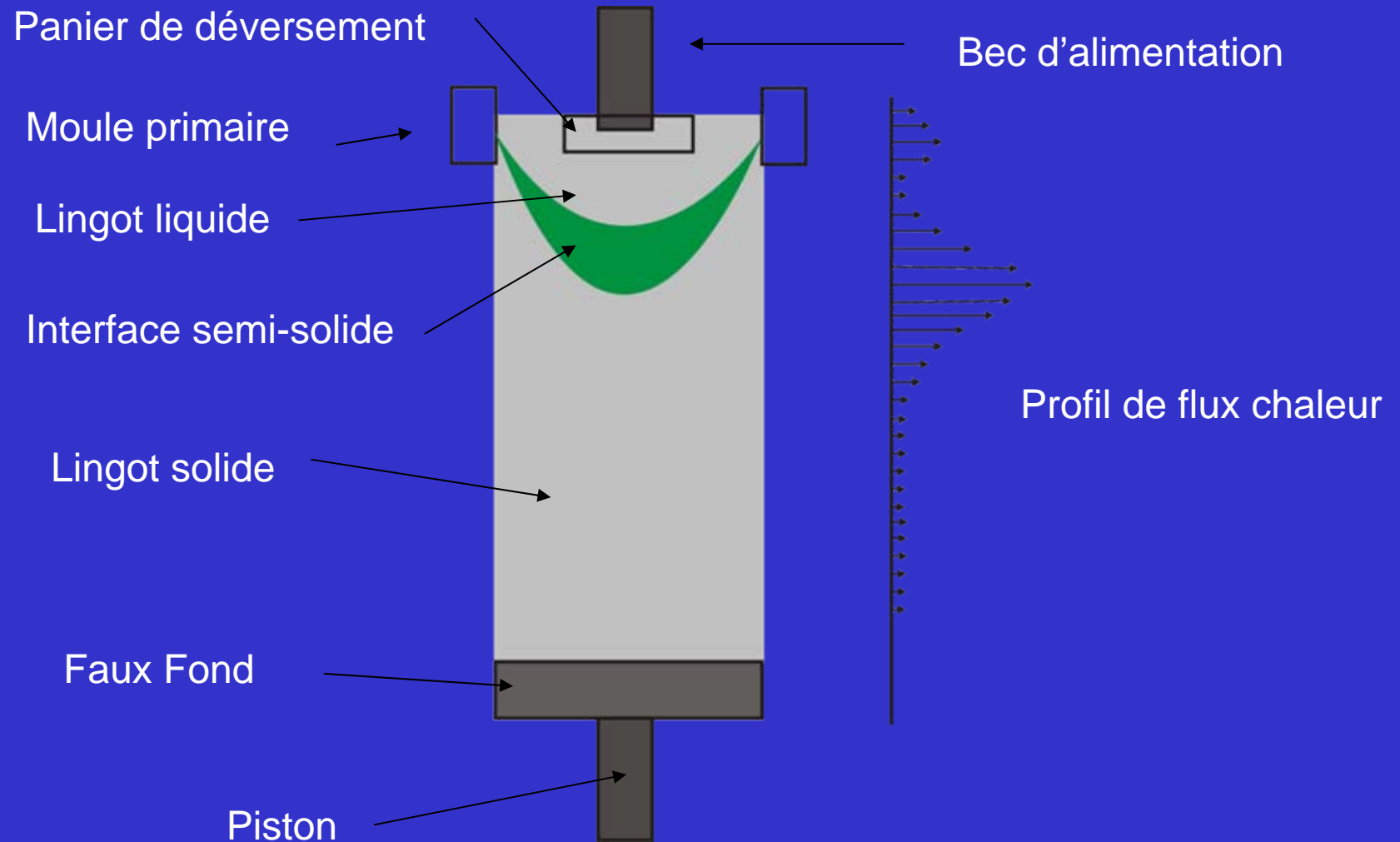
Source: Wagstaff Applied technologies flyer

# COULÉE D'ALUMINIUM EN PLAQUE

## DÉPART DE COULÉE



# Schéma du lingot



# Rôle de l'interface dans l'équilibre thermique

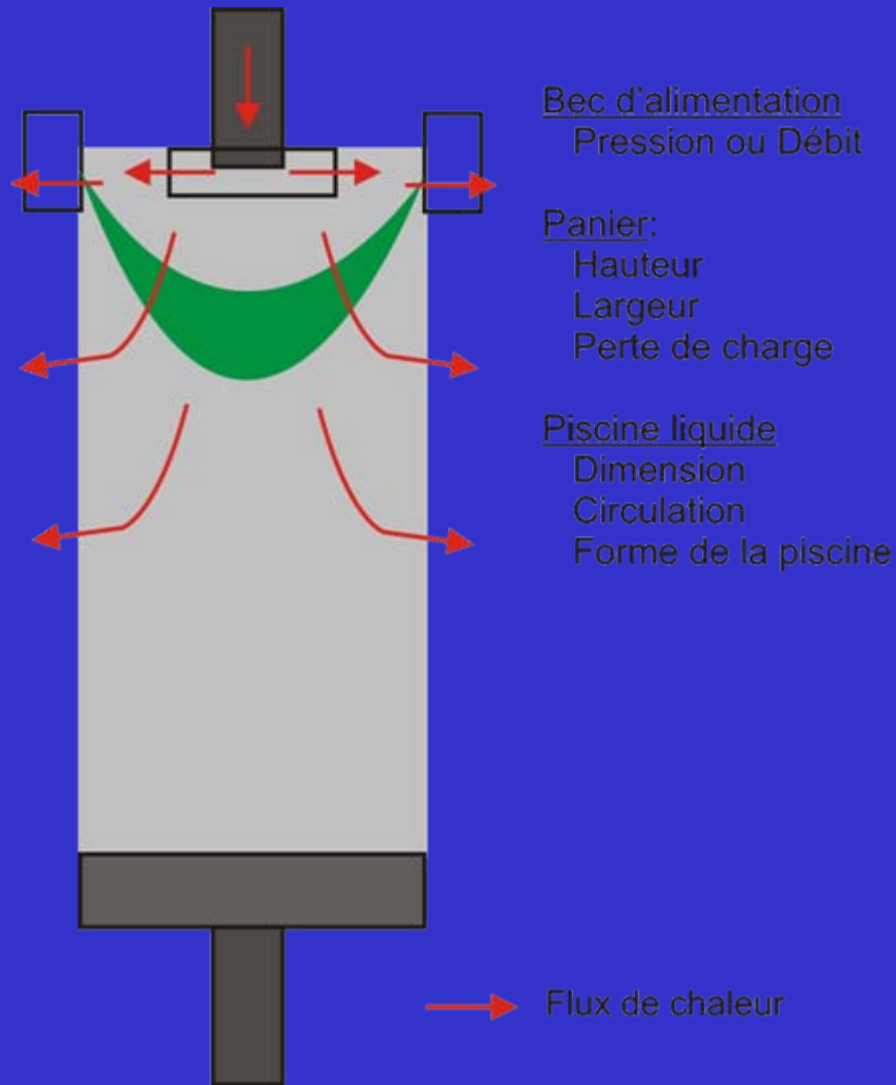
A) La coulée en plaque est essentiellement un processus de transfert de chaleur

B) La forme de l'interface semi-solide influence le parcours des lignes d'extraction de la chaleur

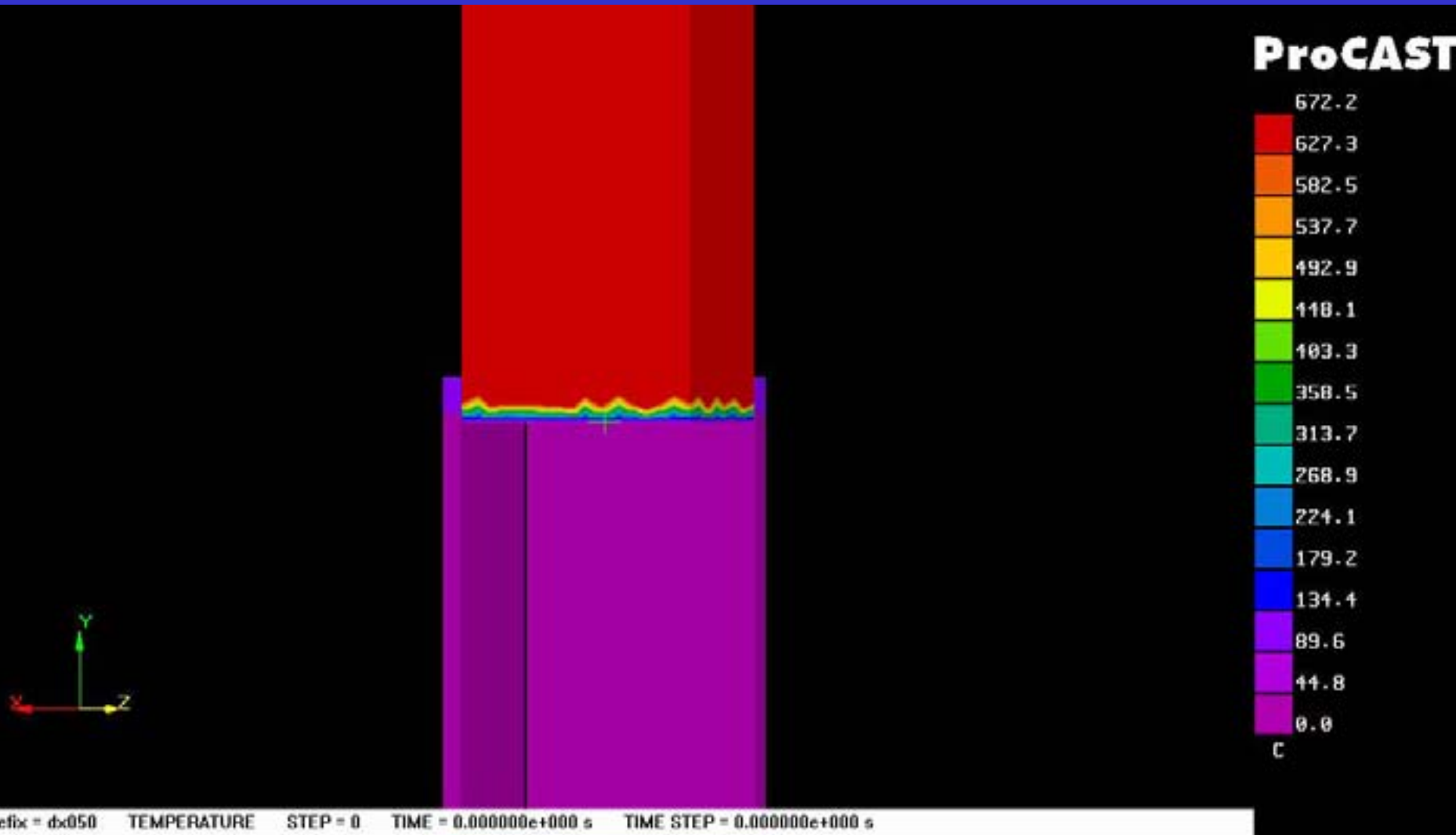
C) La forme de l'interface dépend

- Propriétés thermophysiques ( fixes )
- Apport d'énergie à l'interface
- Extraction de l'énergie à l'interface

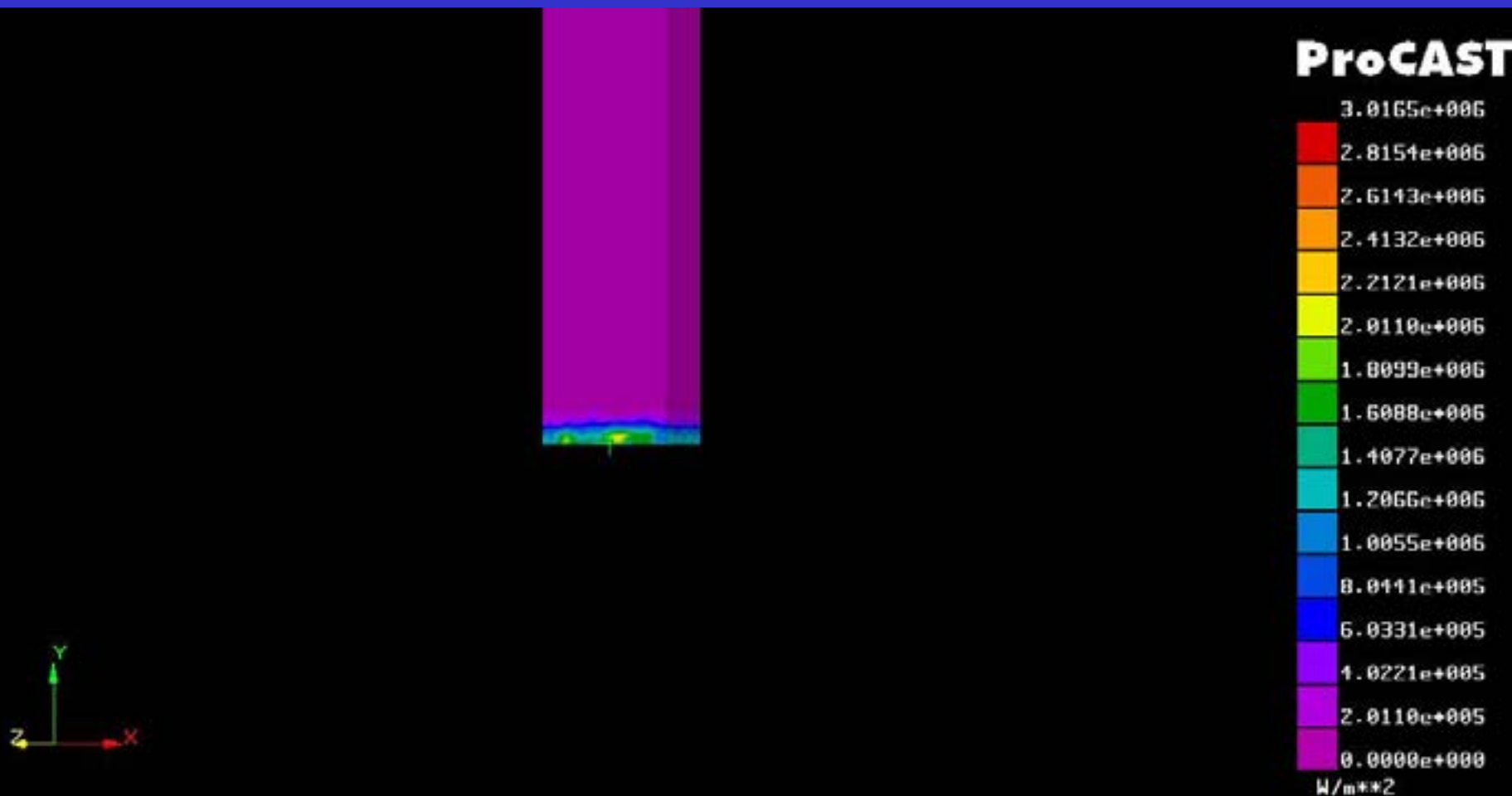
# Ligne d'extraction de la chaleur



# Résultat (1) Évolution du champ de température

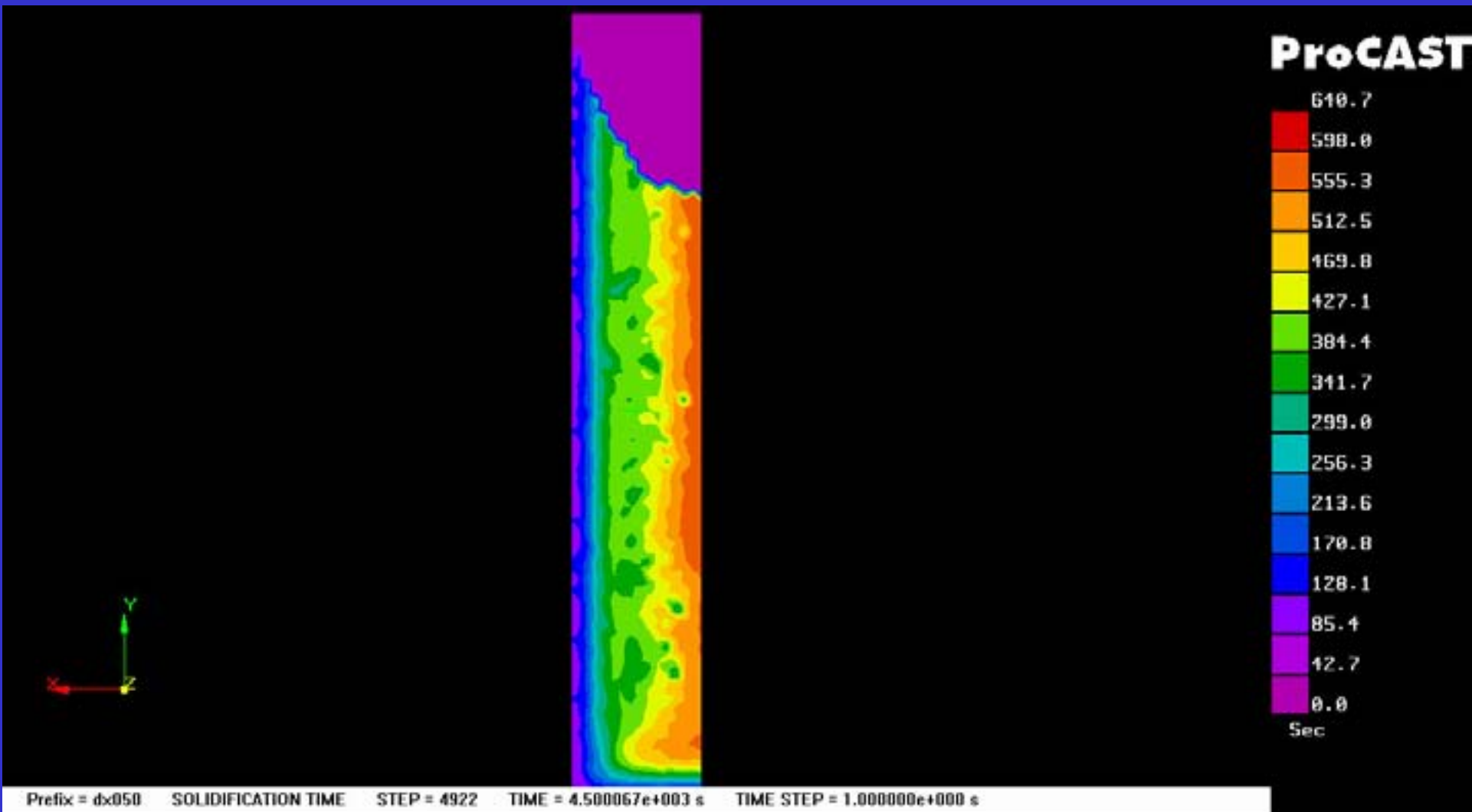


# Résultat (2) Flux de chaleur extrait

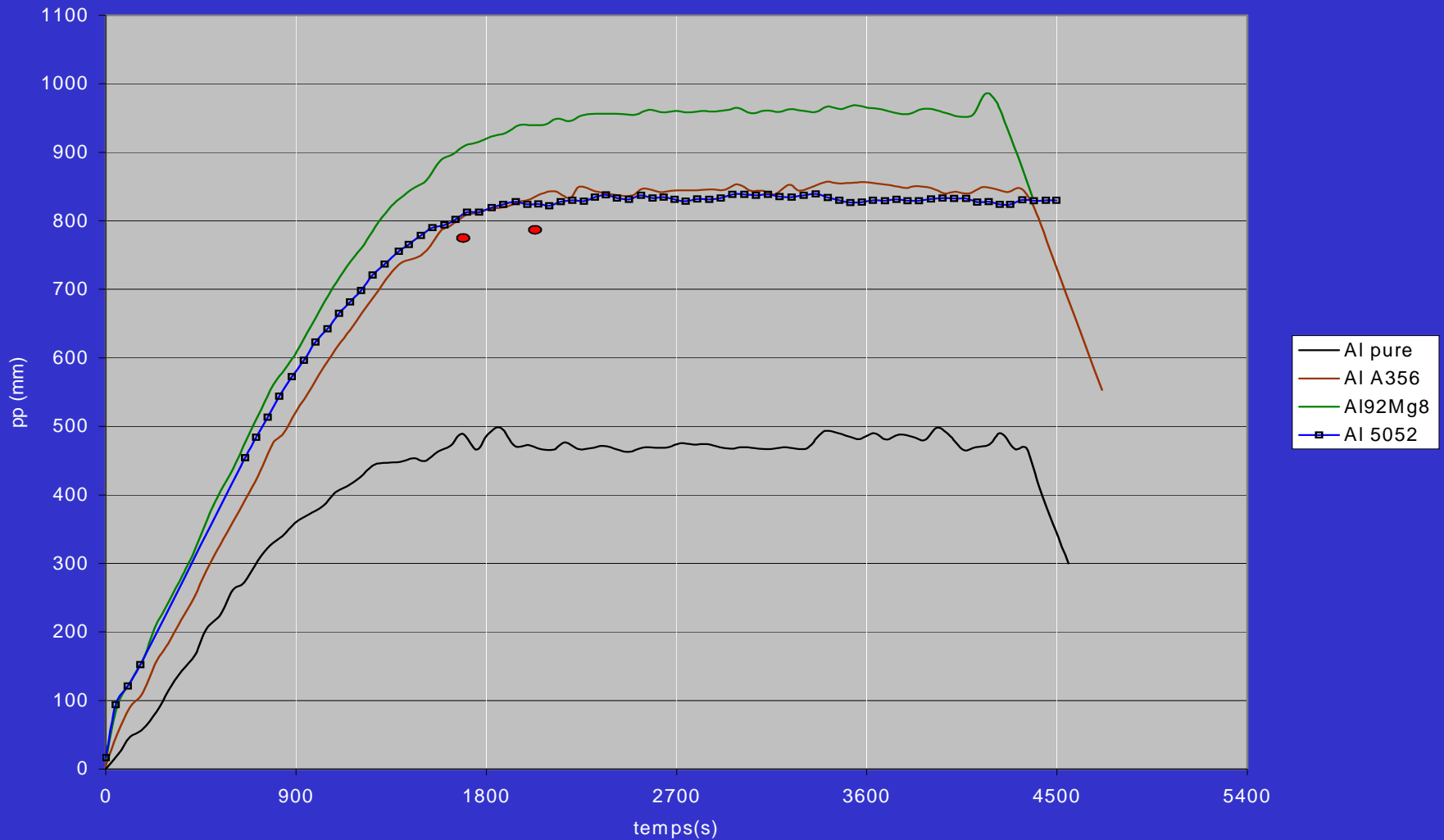


Prefix = dx050 HEAT FLUX STEP = 0 TIME = 0.000000e+000 s TIME STEP = 0.000000e+000 s

# Résultat (3) Temps de solidification



# Résultat (4) Profondeur de la piscine, cas neutre



# Travaux antérieurs / à venir

## Travaux Antérieurs

- Coefficients de transfert de chaleur pour le refroidissement
- Couplage de l'écoulement entre le panier de déversement et la piscine de métal liquide
- Mesures expérimentales
- Détermination d'une configuration neutre et d'indices de performance quantitatifs

# Travaux antérieurs / à venir

## Travaux à venir

- Détermination d'indices de performance quantitatifs
- Assemblage des travaux antérieurs dans un modèle physique complet avec un minimum d'hypothèses contraignant les phénomènes de transport.
- Analyse avec variation des paramètres caractérisant le panier de déversement.

# Observations préliminaires

## Indicateurs quantitatifs envisagés

- Profondeur de la piscine au niveau de l'axe central
- Courbure de l'interface le long des axes X et Z
- Nombre de Péclet thermique

Nécessité de modéliser au moins 1,5 mètre de lingot en dessous du moule

Important de prendre des mesures expérimentales avec plus de 1,5 mètre de lingot

*Merci !!!*