

# Modélisation du verglas sur des cylindres fixes

par

**Gilles Simard**

Gilles Bouchard  
Directeur de  
recherche

Masoud Farzaneh  
Co-Directeur de recherche

# Sommaire

- Objectif
- Présentation du modèle
  - Équation thermique
  - Coefficient de transfert de chaleur
  - Intensité de fusion
- Résultats de simulations
- Améliorations possibles

# Objectif

- Détermination de la forme et de la masse de l'accumulation de verglas sur des cylindres représentant les conducteurs de phase soumis à un courant électrique.

# Régime accumulation

- Verglas
  - régime sec ( $T_d < 0C$ )
  - régime humide ( $T_d \cong 0C$ )
  - régime intermédiaire ?

# Équation thermique

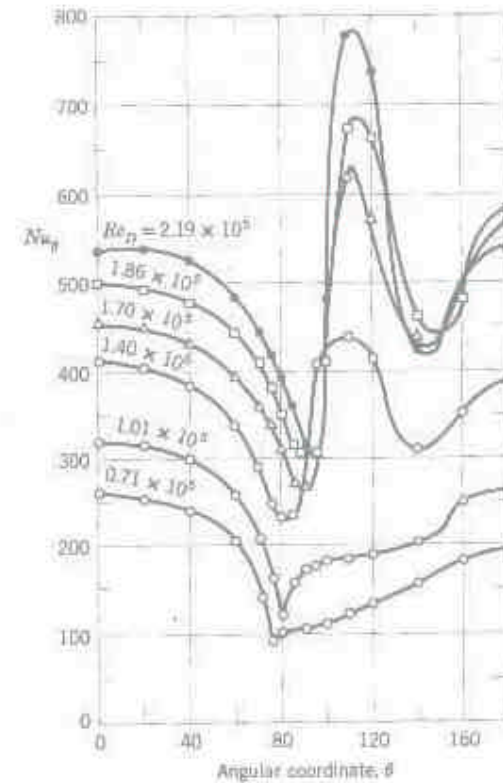
- $-q_w - q_f + q_i + q_c + q_e - q_J + q_p = 0$ 
  - $q_w$ : perte thermique due à la chaleur spécifique des gouttes incidentes
  - $q_f$ : chaleur latente reçue par la surface du câble pendant la solidification
  - $q_i$ : chaleur reçue due au refroidissement de la glace
  - $q_e$ : perte de chaleur par évaporation
  - $q_J$ : chaleur reçue par effet Joule
  - $q_p$ : perte due à l'éjection de gouttes

# Coefficient de transfert de chaleur sur un cylindre

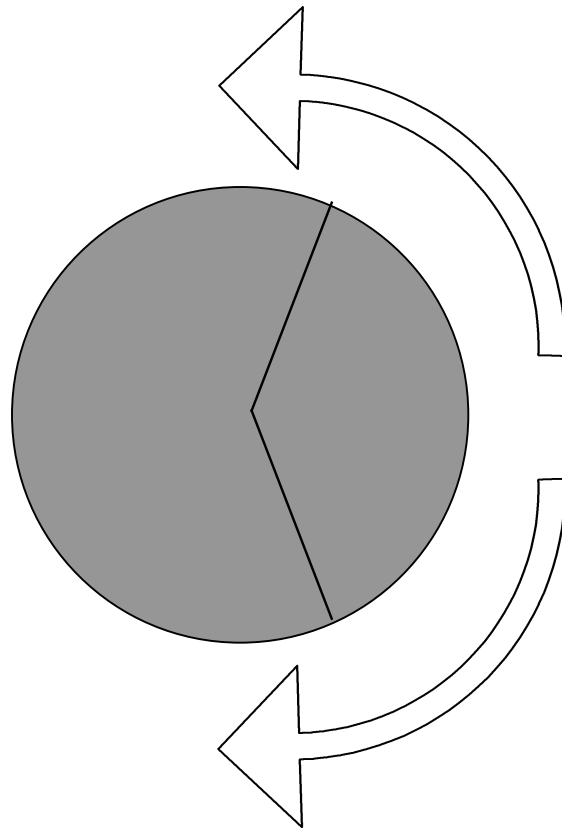
$$q_c = h_c (T_\infty - T_d)$$

$$h_c = \frac{k}{Dia}$$

$$Nu_c = 0.5 * \left( 1 - \left( \frac{2 * q}{p} \right)^3 \right)$$



# Coefficient de transfert de chaleur



- Coefficient global
- Coefficient local de  $-80^\circ$  à  $+80^\circ$
- Coefficient moyen dans la zone de turbulence

## Intensité de givrage $I_f$

$$I_f = \left( \frac{q_c + q_e - q_j - 2I_{pre} A_p C_w T_{air}}{A_p (L_f - C_w T_{air})} \right)$$

- Posons  $I_f=0$
- Isolons  $Inten$  (intensité électrique)

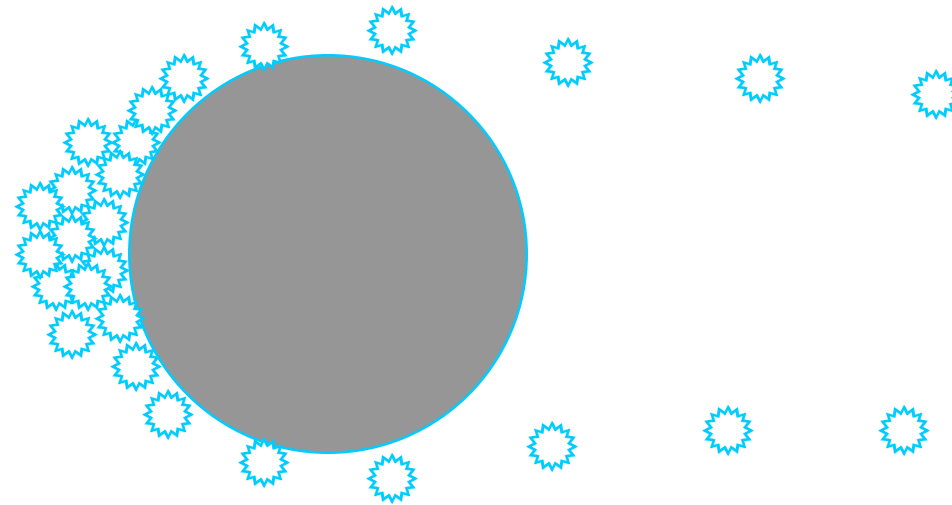
$$Inten = \left( \frac{q_c + q_e - 2I_{pre} A_p C_w T_{air}}{R} \right)^{1/2}$$



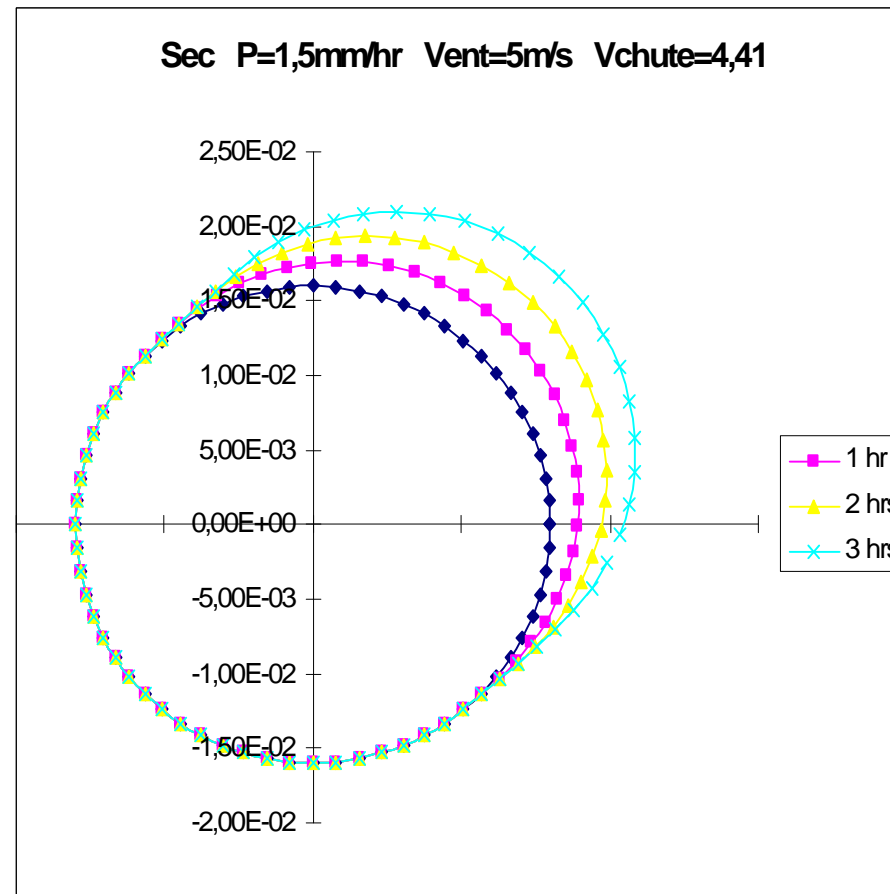
# Postulat de base

- Vitesse du vent constante
- Vent horizontal perpendiculaire
- Température air constante
- Taux de précipitation constant
- Film d'eau recouvrant le câble

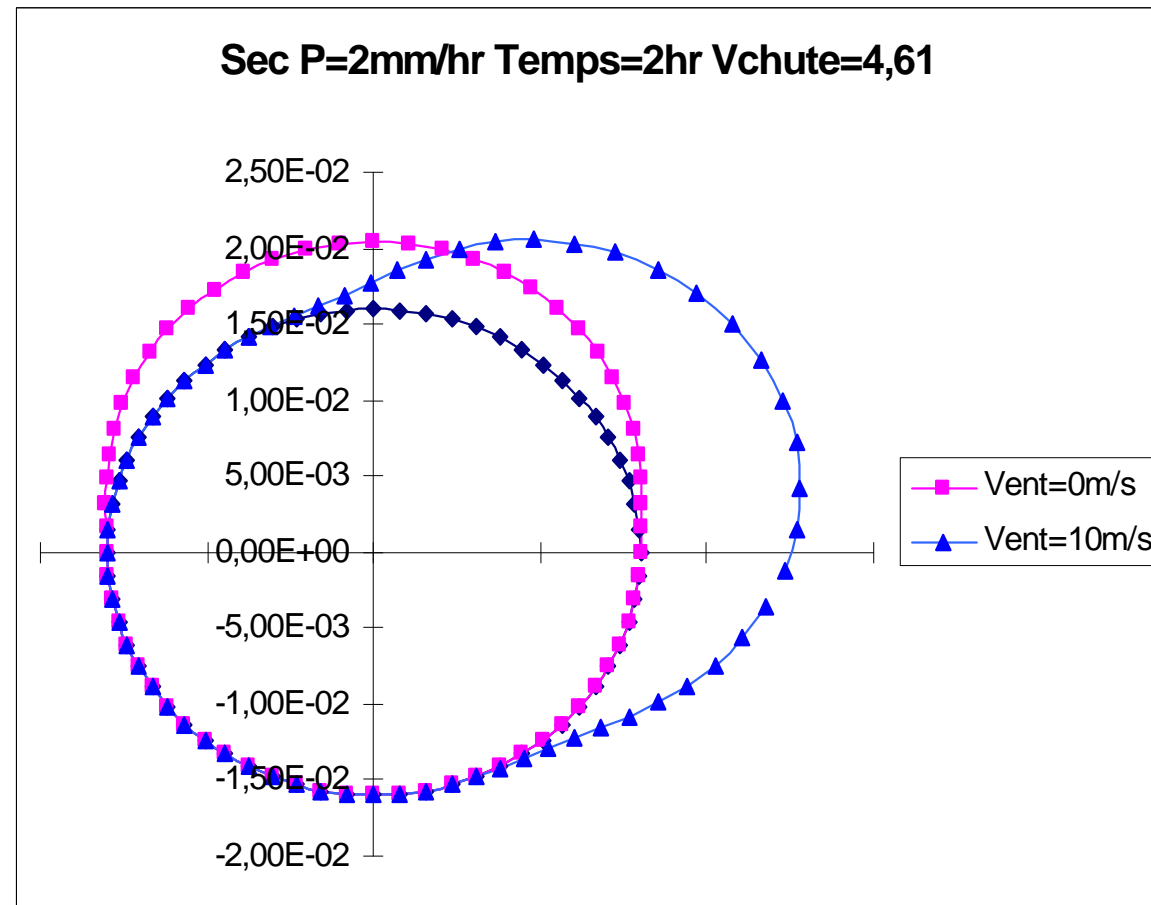
# Accumulation de précipitations



# Accumulation régime sec

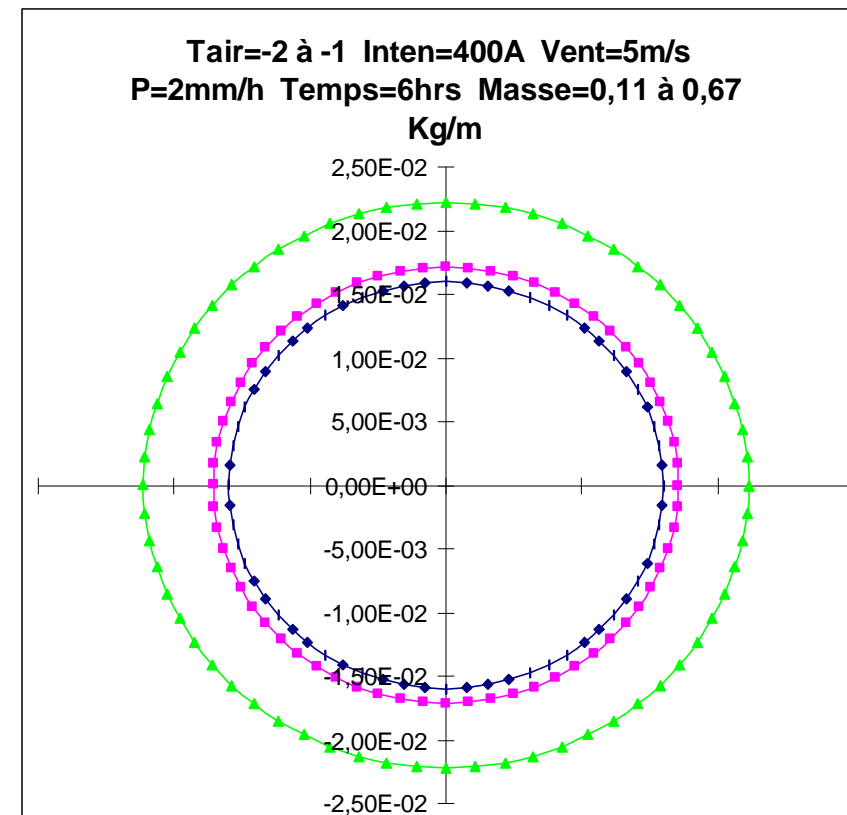


# Accumulation régime sec



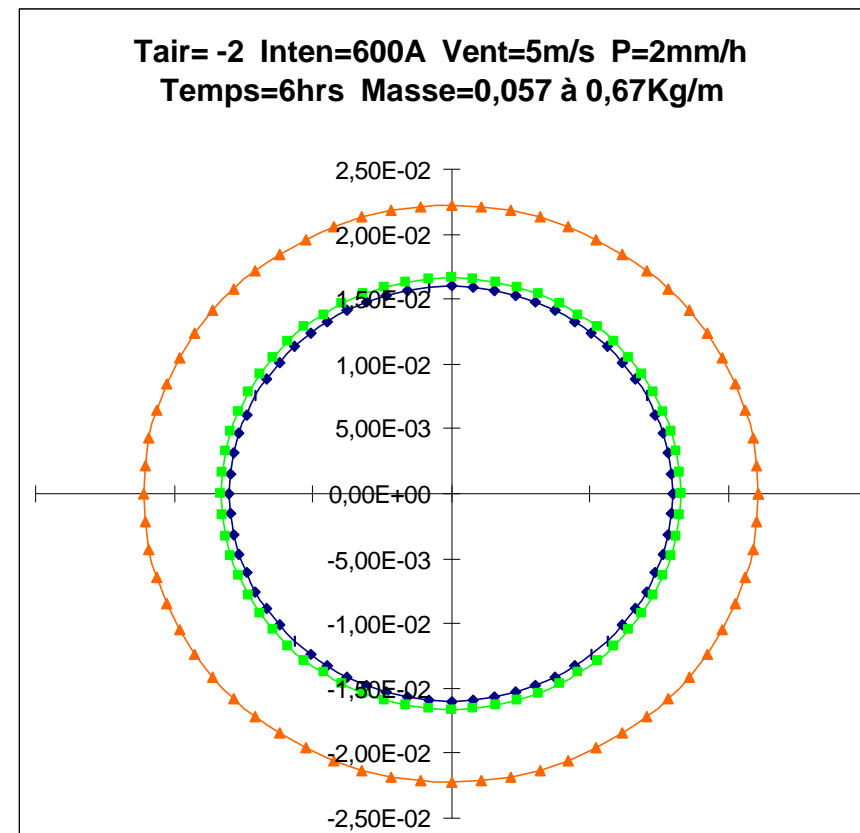
# Accumulation régime humide

- $I_{pre} = 0,82 \text{ g/m}^2\text{sec}$
- $I_f = 0,16 \text{ g/m}^2\text{sec}$
- $Q_f = 1,9 \text{ W}$
- $Q_w = 0,1 \text{ W}$
- $Q_c = 7,2 \text{ W}$
- $Q_e = 3,36 \text{ W}$
- $Q_j = 8,9 \text{ W}$
- $Q_p = 0,1 \text{ W}$

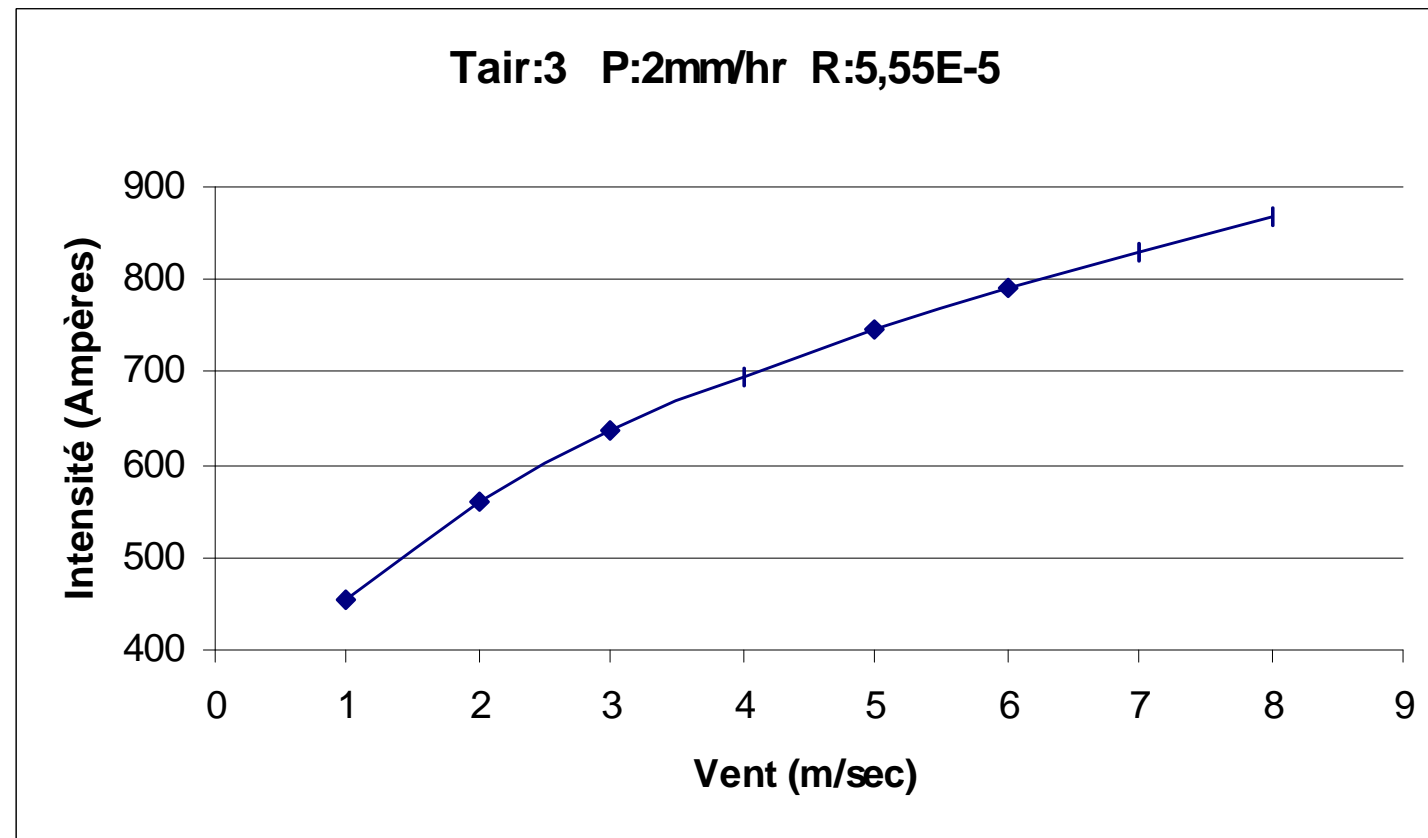


# Accumulation régime humide

- $I_{pre} = 0,82 \text{ g/m}^2\text{sec}$
- $I_f = 0,10 \text{ g/m}^2\text{sec}$
- $Q_f = 1,1 \text{ W}$
- $Q_w = 0,23 \text{ W}$
- $Q_c = 14 \text{ W}$
- $Q_e = 6,61 \text{ W}$
- $Q_j = 20 \text{ W}$
- $Q_p = 0,2 \text{ W}$

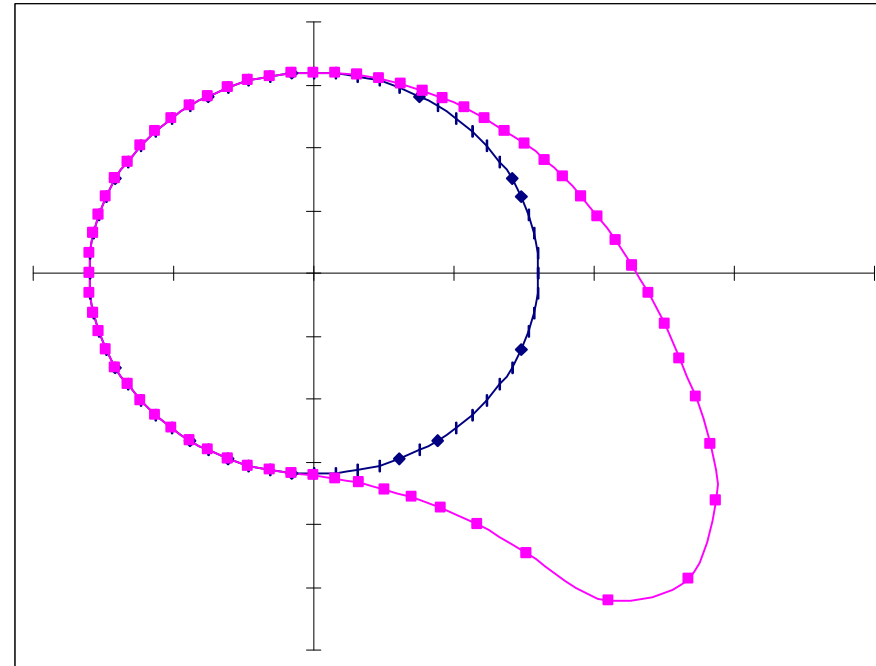


# Résultats de simulations



# Approche par élément

- Écoulement potentiel
- Méthode des éléments finis de frontière
- Géométrie quelconque
- Vitesse
- Intégration de la couche limite
- Coefficient local





# Amélioration possibles

- Formes complexes
- Détermination de  $h_c$  basée sur la vitesse
- Modélisation de glaçons
- Effet du courant sur une accumulation substantielle

Merci de votre attention