

***Calcul de la distribution du  
potentiel et du champ  
électriques le long des surfaces  
de glace et dans les intervalles  
air entre celles-ci***

**Christophe Volat  
M. Farzaneh - A. Gakwaya**

## *Objectif*

- **Déterminer les valeurs critiques du potentiel et du champ électriques susceptibles de provoquer un recouvert de glace à l'aide d'une simulation numérique**

# *Problématique*

- Types de dépôts de glace à considérer
- Paramètres à prendre en compte
- Modélisation des paramètres retenus

Simulation numérique

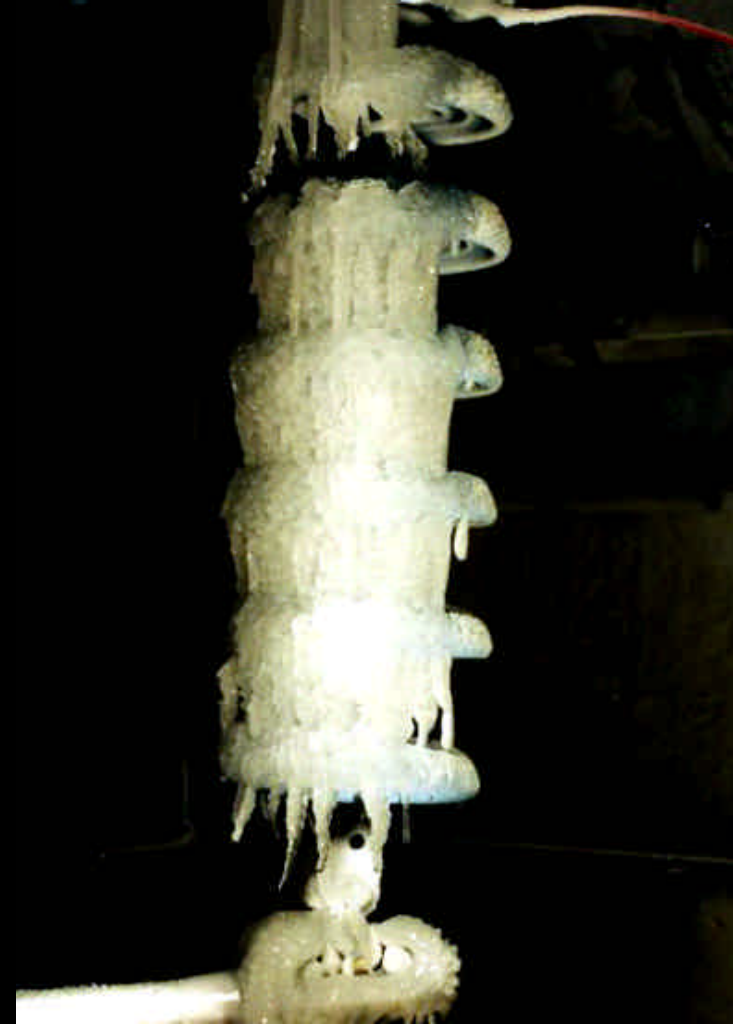
Application finale

## *Régime de formation considéré*

- Accumulations de glace formées en **régime humide**
  - forte dangerosité par rapport au régime sec
  - épaisseur importante  $\Rightarrow$  tension de tenue faible
- Présence d'un **film d'eau** à la surface du dépôt
- Présence de glaçons dans les **intervalles d'air**
- Caractérise une accumulation de Verglas

**Période de dégel** pour Températures  $\geq 0^{\circ}\text{C}$

## *Exemples d'accumulations*



## *Revue et modélisation des paramètres relatifs à l'accumulation de glace*

- Caractéristiques intrinsèques de la couche de

Le film d'eau présent à la surface de la glace

Les intervalles d'air

## *Couche de glace*

- Épaisseur importante  $\geq 2$  cm
- Permittivité relative entre 70 et 80
- Résistivité importante entre  $10^5$  et  $10^6 \Omega.m$   
pour  $T_{\text{ambient}} \approx -1^\circ\text{C}$



# *Film d'eau*

## *Caractérisation*

- **Conductivité élevée**
  - jusqu'à **10 fois** supérieur à celle de l'eau d'accumulation
  - guide une grande partie du courant de fuite
- **Épaisseur faible entre 40 et 300 $\mu$ m**

## *Modélisation*

- **Surface conductrice**
  - conductivité constante sur toute la surface
  - es en laboratoire
  - analogie avec une couche humide de pollution




# *Les intervalles d'air*

## Caractérisation

- **Les glaçons**
  - géométrie de leur extrémité
  - nombre dans les intervalle d 'air
  - leur déviation angulaire
- **Les décharges couronnes**



- Géométrie idéalisée de l'extrémité des glaçons 
- Détermination de la charge d'espace lors de décharges

Réalisation de tests pour différentes formes idéalisées de glaçons pour des températures proches de 0 °C

## *Problèmes liés à la modélisation*

- Problème à plusieurs diélectriques  
Problème à dimension spatiale infinie  
Évaluation du potentiel et du champ électriques à la surface de la glace et dans les intervalles d'air  
Prise en compte d'une surface conductrice (film  
  
Prise en compte de charges d'espace  
Nature de la tension appliquée  
Simulation en 2-D et 3-D  
Résolution des équations de


# *Avantages de la MEF dans les problèmes de champs électriques*

- Discrétisation du milieu infini  
Application à des problèmes à géométries complexes et à diélectriques multiples
- Réduction de un de la dimension du problème  
Le potentiel et sa dérivée normale sont évalués sur la frontière mais aussi à l'extérieur du domaine  
Méthode plus précise  
Méthode moins coûteuse et plus rapide car nul besoin de techniques spéciales d'optimisation

## *Principe de la M.E.F.F*

- **Reformulation des équations différentielles par équations intégrales**
  - formulation directe
  - formulation indirecte
- **Discrétisation de la frontière du domaine en éléments finis**
- **Évaluation des intégrales sur chaque élément**
- **Résolution du système final d'équations**

# *Procédure de simulation*

- **Familiarisation avec la M.E.F.F**
  - réalisation d'un programme basé sur une formulation indirecte application à un isolateur de géométrie simple propre et glacé comparaison avec la M.E.F 
- **Formulation directe du problème avec décomposition du domaine en sous-régions pour**
  - prise en compte de l'accumulation de glace, de la surface conductrice  
prise en compte des charges d'espaces
- **Réalisation du programme définitif en C++ utilisant la formulation directe par sous-régions**

## *Application finale*

- Simulation d'une colonne isolante recouverte de glace
- Calcul de la distribution du potentiel et du champ pour différentes conductivités du film

des valeurs critiques de la tension et du champ électriques susceptibles de provoquer

Comparaison avec des tests réalisés en chambre

Validation des résultats de simulation

